



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Utvikling av kart over organisk karbon i jord i Norge. Forprosjekt

NIBIO RAPPORT | VOL. 5 | NR. 59 | 2019



Siri Svendgård-Stokke, Hege Ulfeng, Lise Dalsgaard, Stephanie Eisner, Roar Lågbu, Ove Klakegg, Eivind Solbakken, Gunnhild Sjøgaard og Geir-Harald Strand

TITTEL/TITLE

Utvikling av kart over organisk karbon i jord Norge. Forprosjekt

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Siri Svendgård-Stokke, Hege Ulfeng, Lise Dalsgaard, Stephanie Eisner, Roar Lågbu, Ove Klakegg, Eivind Solbakken, Gunnhild Sjøgaard og Geir-Harald Strand

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
25.03.2019	5/59/2019	Åpen	11419	18/00821
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02329-6	2464-1162	39	9	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Landbruks- og matdepartementet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Line Meinert Rød, Maria Krekling

STIKKORD/KEYWORDS:

Soil, soil organic carbon, FAO, Global Soil Organic Carbon Map

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Jordsmonn, organisk karbon i jord, FAO, Global Soil Organic Carbon Map

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Denne rapporten skal gi grunnlag for å vurdere en eventuell leveranse av et kart som viser organisk karbon i norsk jordsmonn til FAO. Rapporten redegjør for bestillingen fra FAO, inkludert FAOs beskrivelse av formål og nytte av et Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap). Rapporten gir også en kort oversikt over hvordan GSOCmap er utarbeidet i våre naboland, og hvordan arbeidet med et nytt kart kan ses i sammenheng med Global Soil Partnership (GSP) og annet relevant arbeid NIBIO er involvert i. Rapporten skisserer fire alternativer for hvordan et SOC kart for Norge til bruk i GSOCmap kan utarbeides.

LAND/COUNTRY:

Norge

GODKJENT /APPROVED

Hildegunn Norheim

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Siri Svendgård-Stokke

NAVN/NAME

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

I 2017 og 2018 var det dialog mellom Landbruks- og matdepartementet og NIBIO om kart over organisk karbon i jord i Norge. Bakgrunnen var et kart utarbeidet av FAO. Det er stor usikkerhet knyttet til innholdet av organisk karbon i norsk jordsmonn. Den 7. desember 2018 ble NIBIO bedt om å etablere et forprosjekt for å gi Landbruks- og matdepartementet et bedre grunnlag for å vurdere om det skal settes i gang et arbeid med å lage et kart som viser organisk karbon i norsk jordsmonn – et nytt bidrag for Norge inn i Global Soil Organic Carbon Map. Denne rapporten viser resultatene av dette forprosjektet.

Det må imidlertid gjøres oppmerksom på at det i forprosjektet har vært nødvendig å tilpasse omfanget av leveransen til budsjettet. Disse tilpasningene er beskrevet i etterordet.

Ås, 25.03.2019

Siri Svendgård-Stokke

Innhold

1	Innledning	6
2	Resultater	7
2.1	FAOs bestilling av Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap)	7
2.2	Formålet med Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap) for FAO	8
2.2.1	Globalt informasjonssystem om jordsmonn (GLOSIS) og GSOCmap	8
2.2.2	FNs bærekraftsmål og GSOCmap	9
2.3	Nytt GSOCmap Norge – formål og nytte	10
2.4	Hvordan er GSOCmap utarbeidet i andre land?	11
2.4.1	Norge	12
2.4.2	Sverige	13
2.4.3	Danmark	14
2.4.4	Finland	14
2.4.5	Nordisk harmonisering	14
2.5	Et nytt GSOCmap Norge - i sammenheng med GSP og annet relevant arbeid i NIBIO	15
2.5.1	Prosjekter knyttet til ressursundersøkelsene	15
2.5.2	Forskningsprosjekter	18
2.6	Bør NIBIO etablere et tettere samarbeide med FAO om "karbon i jord"?	19
2.6.1	FAOs og GSPs arbeidsområder, samarbeidsformer og krav til samarbeidspartnere	20
2.6.2	Samarbeid med FAO/GSP om karbon i jord	21
2.6.3	NIBIOs statsoppdrag og overordnede føringer	22
2.6.4	Vurderinger rundt et eventuelt tettere samarbeid	22
3	Fire alternativer for utarbeidelse av et nytt GSOCmap Norge	25
3.1	Datakilder	25
3.1.1	Jordprofildata	25
3.1.2	Datakilder som er tilgjengelige som kovariater til modellering og oppskalering	25
3.2	Valg av modelleringsmetoder	28
3.2.1	Random Forest (RF)	29
3.2.2	k-Nearest-Neighbor (k-NN)	29
3.2.3	Modellvalidering	29
3.3	Alternativ 1	29
3.3.1	Framdriftsplan	30
3.3.2	Budsjett	30
3.4	Alternativ 2	30
3.4.1	Framdriftsplan	31
3.4.2	Budsjett	31
3.5	Alternativ 3	31
3.5.1	Framdriftsplan	31
3.5.2	Budsjett	32
3.6	Alternativ 4	32
3.6.1	Framdriftsplan	32
3.6.2	Budsjett	33
4	Konklusjon	34

Litteraturreferanse	36
Etterord	39
Vedlegg.....	40

1 Innledning

Den 5. desember 2017 publiserte FAO et kart som hadde til hensikt å vise jordsmonnets innhold av organisk karbon, Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap). For Norges vedkommende ble kartet utarbeidet av FAO, og var basert på informasjon fra kartet Organic Carbon Content In Topsoils In Europe (OCTOP) som ble publisert i 2004. Det ble stilt spørsmål ved kvaliteten på det kartet FAO hadde utarbeidet. Den 7. desember 2018 ble NIBIO bedt om å etablere et forprosjekt for å gi Landbruks- og matdepartementet et bedre grunnlag for å vurdere om det skal settes i gang et arbeid med å lage et kart som viser organisk karbon i norsk jordsmonn – et nytt bidrag for Norge inn i Global Soil Organic Carbon Map. Forprosjektet ble bedt om å levere på følgende punkter:

- Kort beskrivelse av FAOs bestilling av Global Soil Organic Carbon Map
- Hva er formålet med Global Soil Organic Carbon Map for FAO?
- Hvilke formål kan Norge ha av at det utarbeides et nytt bidrag for Norge i Global Soil Organic Carbon Map, og hvilken nytte kan Norge ha av det?
- Hvordan er bidragene inn i Global Soil Organic Carbon Map utarbeidet i andre land?
- Hvordan kan arbeidet med å utarbeide et nytt bidrag for Norge i Global Soil Organic Carbon Map ses i sammenheng med Global Soil Partnership og annet arbeid NIBIO gjør på området?
- Bør NIBIO etablere et tettere samarbeide med FAO om "karbon i jord"?
- Skissering av 2-3 alternativer for hvordan et nytt bidrag for Norge i Global Soil Organic Carbon Map kan utarbeides, med ulik detaljeringsgrad/kostnad. Fremdriftsplan og budsjett for alternativet/ene.

Det er knyttet stor usikkerhet til det kartet FAO publiserte i 2017. På dette kartet framstår for eksempel fjellområdene i Norge med høyere innhold av organisk karbon i jordsmonnet enn produktiv skogsmark i Sverige. Riksgrensen, både mot Sverige og Finland, framstår som et brått skille i innhold av organisk karbon i jorda. Det er imidlertid svært lite sannsynlig at ulikhetene på hver side av riksgrensen, slik det fremstår i kartet, gjenspeiler reelle ulikheter i innhold av organisk karbon i jorda. Kartet er følgelig dårlig egnet til å beskrive status, til å sammenligne Norge med andre land, og til å utvikle treffsikre klimatiltak. Med den økte politiske oppmerksomheten om jordkarbon i klimasammenheng er et godt kunnskapsgrunnlag viktig, noe dette kartet ikke bidrar til.

Jordsmonnets innhold av organisk karbon har stor betydning både for agnomien i norsk jordbruk og for klimagassutlipp fra jordbruket. I Norge er det stor variasjon i jordsmonnet, også med hensyn til innhold av organisk karbon. Et kart som gir et riktigere bilde av virkeligheten vil kunne øke forståelsen for den geografiske variasjon av karbon i jordsmonnet og dermed bidra til mer målrettede tiltak, både for å redusere klimagassutslipp og for jordbrukets tilpasning til et endret klima. I de delene av landet med størst lager av organisk karbon i jord vil det være mer hensiktsmessig å sette inn tiltak for å redusere klimagassutslipp som er forbundet med høyt innhold av organisk karbon, enn å sette inn de samme tiltakene i deler av landet med et lavere lager av organisk karbon. Likeledes vil det være mest formålstjenlig å forsøke å øke karbonlageret i de delene av landet som i utgangspunktet har et lavt innhold av karbon.

Informasjon om jordsmonnets innhold av organisk karbon kan gjøres tilgjengelig for de delene av landet som har blitt jordsmonnkartlagt. Jordsmonnkartlegging har imidlertid kun blitt utført på dyrket areal, og jordsmonnkartene dekker fortsatt bare ca. 53 % av landets fulldyrka og overflatedyrka areal. Et kart som viser lager av organisk karbon i jord for alle areal typer i hele landet (i et 1 x 1 km rutenett) vil således øke kunnskapsgrunnlaget betraktelig. Et slikt kart vil ikke kunne brukes på gårdsnivå, men kan tjene som et kunnskapsgrunnlag på overordnet nivå (kommune, region, fylke) dersom dette er et behov.

2 Resultater

2.1 FAOs bestilling av Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap)

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) opprettet i 2012 *Global Soil Partnership* (GSP). GSP ble i følge FAO opprettet for å øke det internasjonale samarbeidet og styrke det nasjonale arbeidet vedrørende jord. Partnerskapet arbeider for å øke bevisstheten om jordsmonnets funksjoner og truslene jordsmonnet står overfor. Målet er å fremme bærekraftig bruk av verdens jordressurser. GSP er organisert i fem aktivitetsområder. Et av disse er *Informasjon og data*. FAOs bestilling av organisk karbonkart Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap), stammer fra dette aktivitetsområdet og er initiert av GSPs *Intergovernmental Technical Panel on Soils* (ITPS) i samarbeid med *Science Policy Interface* (SPI) i United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), *Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (IPBES) og *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2019).

FAOs bestilling av GSOCmap er spesifisert i følgende tre hovedpunkter:

1. Mål som er felles for alle land
 - Grid med 1x1 km oppløsning, men høyere oppløsning aksepteres
 - Ulike analysemetoder og målinger av organisk karbon aksepteres
 - Dybde 0-30 cm, eller dypere
 - Organisk karbonlagring: Jordtetthet (BD) og steininnhold kan avledes eller måles
 - Kartlegging/modellering: ulike tilnærminger er mulige
2. Ulike nasjonale tilnærminger
 - Tre grunnleggende tilnærminger for den frivillige delingen av nasjonale data om organisk karbon i jord er mulig, basert på landenes tilgang til data:
 - a. Levere eksisterende nasjonalt kart over organisk karbon, hvis disse tilfredsstiller GSPs spesifikasjoner
 - b. Hvert enkelt land kan utvikle nytt kart over organisk karbon i jord eller oppdatere eksisterende kart
 - c. GSP oppfordrer til deling av originale nasjonale jordkarbonmålinger med GSP-sekretariatet, slik at GSP i samarbeid med det respektive landet kan lage kartet¹.
3. Detaljerte spesifikasjoner og metadata:
 - Foreligger i dokument: GSP Guidelines for Sharing National Data/Information to Compile a Global Soil Organic Carbon Map (GSOC17). (FAO, 2016)
 - Se også del III i dette dokumentet (FAO, 2016): Specifications for soil organic carbon mapping.

Globalt organisk karbonkart (GSOCmap) er i følge FAO ikke bare et kart, men også en rådgivende og deltakende prosess som involverer 110 land. Fra norsk side har vi imidlertid sett lite til denne rådgivende og deltagende prosessen.

¹ Siden GSP er et «partnerskap» er det antagelig en enhet innenfor FAO som i praksis lager kartet i dette tilfellet. Kartet over SOC i Norge er laget uten medvirkning fra den norske jordkartleggingen.

FAO sitt kart over organisk karbon i jord er ment å vise jordsmonnets lager av organisk karbon fra 0 til 30 cm, målt i megagram per hektar. Organisk karbonlager (carbon stock) må ikke forveksles med konsentrasjon av organisk karbon i jord som måles i prosent av jordsmonnets totale vekt ned til samme dybde. Når GSOCmap diskuteres i sammenheng med klimaendringer og klimarapportering, er det viktig å huske at det er endringene i organisk karboninnhold i jord som er av betydning i denne sammenhengen. GSOCmap sier noe om hvor mye organisk karbon som er lagret i jordsmonnet på det tidspunktet dataene til kartet ble samlet inn. Det sier ikke noe om endringene i innhold av organisk karbon i jord over tid.

2.2 Formålet med Global Soil Organic Carbon Map for FAO

FAO/GSP har listet opp en rekke formål for satsingen på å sette sammen et globalt kart over organisk karbon i jord. I dette kapittelet har vi forsøkt å sammenstille de viktigste formålene FAO/GSP oppgir.

2.2.1 Globalt informasjonssystem om jordsmonn (GLOSIS) og GSOCmap

Formål: Å frambringe et globalt datasett om verdens jordressurser presentert i form av kart, statistikk m.m. Resultatet er The *GLO*bal Soil Information System (*GLOSIS*) som skal forbedre kunnskapsgrunnlaget for det verdensomspennende arbeidet med klimatilpassing, bærekraftig bruk av jordsmonn og andre naturressurser. Produksjonen av et globalt kart over organisk karbon i jord blir sett som første ledd i utviklingen av en global jordsmonndatabase.

GSPs arbeid er konsentrert om fem satsingsområder, de såkalte fem pilarene (FAO, 2019 A). Pilar 4 omhandler det globale datagrunnlaget over jordsmonn og skal fremme kvaliteten på, og omfanget av jordsmonndata og jordsmonninformasjon.

Organisk karbonlager i jord ble valgt som første temakart fordi det er relatert til en rekke viktige jordfunksjoner som vann- og næringsstoffdynamikk, nedbrytningsaktivitet og jordas struktur og stabilitet. Jord inneholder dessuten det største karbonlageret på landjorda og har et stort potensial for å binde større mengder karbon enn den gjør i dag.

Når GSP er ferdig med produksjonen av GSOCmap, planlegger partnerskapet å gå i gang med globale kart over andre jordtema. I framtiden er det planer om å produsere temakart som framstiller jordas pH, innhold av plantenæringsstoffer, tungmetaller, ionebyttekapasitet, fysiske jordegenskaper som kornstørrelsesfordeling og jordtetthet med flere (FAO, 2018).

FAO og GSP uttrykker flere formål med et slikt globalt kunnskapsgrunnlag om jordsmonn.

- 1) GSP anser det som essensielt at alle avgjørelser om bærekraftig bruk av jordsmonnet bygger på forskningsbasert kunnskap. Et globalt og kvalitetssikret kunnskapsgrunnlag om jordsmonn er derfor helt nødvendig for å oppnå en bærekraftig forvaltning av verdens jordressurser (FAO, 2018).
- 2) En global jordsmonndatabase er også nødvendig for å kunne gi bedre svar på spørsmål som er kritiske i global sammenheng (f.eks. om det er nok jordbruksareal med egnet jord til å fø hele verdens befolkning?).
- 3) Lokale avgjørelser forutsetter ofte at man har et globalt bakteppe (f.eks. i vurderinger av overnasjonale aspekter knyttet til et lands matsikkerhet og forringelse av naturressurser).
- 4) Grunnleggende data om jord gjør det mulig å bedre forstå globale prosesser. Mer kunnskap skal legge grunnlaget for arbeidet med å løse de viktigste utfordringene som møter verden i dag. Mange av dem er relatert til naturlige ressurser (klimaendringer, matsikkerhet, tap av biologisk mangfold). Datagrunnlaget må kunne sammenstilles med andre datasett om vær, klima, netto primærproduksjon, biologisk mangfold, informasjon om arealdekke og geologi (FAO, 2019 B).

- 5) GSP/FAO har en målsetning om at arbeidet med det internasjonale kunnskapsgrunnlaget om jordsmonn også skal styrke kunnskapsgrunnlaget i hvert enkelt land. GSP ønsker å ha en «bottom up» tilnærming til arbeidet. Datagrunnlaget skal derfor bygge på nasjonale datasett. FAO hevder å ha gjennomført omfattende opplæring av nasjonale fagfolk for å støtte arbeidet med å framskaffe nasjonal informasjon om innhold av organisk karbon i jord (FAO, 2019 C).

Det må understrekes at dette er FAO/GSPs egen begrunnelse for virksomheten. Det foreligger så langt vi kjenner til ingen kritisk evaluering av formålet. Vi er heller ikke kjent med uavhengige vurderinger av om kartleggingen av GSOCmap eller de øvrige, planlagte datasettene, faktisk er hensiktsmessige bidrag til å nå de målene som FAO/GSP lister opp. Til sist mangler det en uavhengig verifikasjon og evaluering av det datasettet som er produsert.

2.2.2 FNs bærekraftsmål og GSOCmap

Formålet med GSPs arbeid med GSOCmap settes av FAO i sammenheng med FNs arbeid med de 17 bærekraftsmålene (FAO, 2019 D). Mange av disse målene har direkte eller indirekte sammenheng med jordsmonn. GSP, gjennom ITPS, begrunnes blant annet med at virksomheten bidrar til at fokuset på jordressurser blir ivaretatt i FNs arbeid for bærekraftig utvikling (FAO, 2019 E). Norge har forpliktet seg til å følge opp disse bærekraftsmålene, og regjeringen arbeider med egne strategier for å nå målene i vårt land (Regjeringen, 2016).

Jordsmonnets karboninnhold er en viktig faktor i det globale klimaregnskapet. Jord inneholder tre ganger så mye karbon som vegetasjonen på land og dobbelt så mye som atmosfæren. 33 % av CO²-utslippene som har kommet i kjølvannet av den industrielle revolusjon anslås å komme fra endret arealbruk, bl.a. nydyrking og mer intensive jordbruksmetoder. Forørkning og forringelse av verdens jordressurser bidrar til store utslipp av karbon til atmosfæren. Ved å motvirke disse prosessene og ved å utnytte jordsmonnets potensiale til å binde karbon, er det store muligheter for å redusere innholdet av karbon i atmosfæren. FAO hevder at produksjonen av GSOCmap er et viktig ledd i dette arbeidet (FAO, 2004).

Kunnskapen om størrelsen og dynamikken i jordsmonnets karbonlager er fortsatt svært mangelfull. De anslåtte verdiene som benyttes for jordsmonnets rolle i det globale karbonkretsløpet i dag er basert på grove estimater, og det er knyttet stor usikkerhet til tallene. Innrapportering av organisk karbon i jord (*soil organic carbon* - SOC) til United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) er fortsatt valgfritt. Ved innrapportering benytter mange land estimater for SOC basert på arealbruk. Disse estimatene kan ikke benyttes som utgangspunkt for målinger av faktiske endringer i SOC. Det er også vanlig at jordsmonnets karboninnhold antas å være uendret på grunn av mangelfulle data (FAO, 2016).

En ytterligere årsak til forvirring er at det benyttes ulike datakilder og metoder for estimering og måling av SOC. Dessuten er mange nasjonale data ikke gjort tilgjengelig for internasjonal bruk. Det er behov for mer kunnskap om opprinnelig C-innhold i jordsmonn. Det er også viktig å identifisere hvilke områder som er mest sårbare for tap av jordbundet karbon ved klimaendringer eller endringer i arealbruk og jordbearbeidingsmetoder (FAO, 2016). I og med de norske erfaringene med GSOCmap er det imidlertid vanskelig å se at dette produktet bidrar til noen forbedring.

FAO og GSP viser videre til henvendelser fra flere ulike instanser i FN som arbeider i ulike programmer knyttet til klimaendringer. Disse ønsker i følge FAO/GSP et bedre grunnlag for beregninger av karboninnholdet i jord og potensialet for karbonlagring. FAO/GSP argumenterer med at dette var en viktig årsak til oppstart av arbeidet med GSOCmap.

2.3 Nytt GSOCmap Norge – formål og nytte

Det er økende politisk oppmerksomhet omkring organisk karbon i jord i klimasammenheng. For å kunne sette inn effektive tiltak for å redusere klimagassutslippene og vurdere mulighetene for å lagre mer organisk karbon i jord, er det avgjørende å vite hvor mye organisk karbon som er lagret i jordsmonnet i ulike deler av landet. Et kart som viser lager av organisk karbon, selv om det kun er for dybden 0 – 30 cm, vil gi nyttig informasjon i så henseende.

Et kart som viser lager av organisk karbon i jord, inndelt i rutenett på 1x1 km, vil kunne gi en grov oversikt over hvor i landet det er et stort lager av organisk karbon i jord, og hvor i landet det er et lite lager av organisk karbon i jord. Det vil således kunne øke forståelsen for den geografiske variasjon av organisk karbon i jordsmonnet på et overordnet nivå. Samtidig kan det være stor variasjon innenfor en rute på 1 km², og et slikt kart vil ikke ha noen funksjon med hensyn til planlegging og forvaltning av jordsmonnet lokalt.

Et høyt innhold av organisk karbon i jord vil blant annet gi jord en større vannlagringsevne, enn ei tilsvarende jord med lavere innhold av organisk karbon. I perioder med mye nedbør vil slik jord kunne ha et høyt vanninnhold. Det høye vanninnholdet vil gi denne jorda liten bæreevne (Watts & Dexter, 1998). Med økt nedbør i vekstsesongen vil slik jord være mer utsatt for kjøreskader og pakking (observert under jordsmonnkartleggingen). Et mer detaljert kart over lageret av organisk karbon i jord, sammen med blant annet data om kornfordeling, vil bidra til å identifisere slike areal.

Jord har stor evne til å binde organisk karbon, og jord som i utgangspunktet har lavt innhold av organisk karbon, har også størst potensial for å lagre mer. Potensialet for å akkumulere karbon via fysiske eller fysiokjemiske prosesser vil også avhenge av blant annet kornfordelingen. De mange bakkeplanerte, marine leirjordsområdene har ofte et lavt lager av organisk karbon, og vil ha et stort potensial for økt karbonlagring. Ei sandjord vil derimot ikke ha et like stort potensial for akkumulering. Et kart over lager av organisk karbon i jord, sammen med blant annet data om kornfordeling, vil trolig kunne bidra til å identifisere areal med potensial til økt karbonlagring.

Et kart som viser lager av karbon i norsk jord per nå, vil ikke kunne gi eksakte svar på hvordan organisk karbonlager i jord endres over tid, enten som følge av endret driftsform, arealbruk eller som følge av klimaendringer. Endringer i karbonlager over tid er generelt små, og vanskelige å tallfeste. Det er derfor ikke sannsynlig at etableringen av et oversiktskart som viser karbonlager per nå, med den foreslåtte oppløsningen (1x1 km rutenett), vil kunne benyttes som et «nullpunkt» for en eventuell framtidig versjonering av kartet, med sikte på å tallfeste en endring i karbonlager.

I klimagassregnskapet estimeres og rapporteres det endringer i karbonbeholdning i levende biomasse, jord og dødt organisk materiale for hele landarealet fordelt på seks ulike arealbrukskategorier; skog, dyrka mark, beite, utbygd areal, vann og myr og annen utmark. Landsskogtakseringen er, med et permanent prøveflatenett siden 1986 og gjentatt målesyklus over tid, ryggraden i klimagassregnskapet. Data fra Landsskogtakseringen kombineres med en lang rekke tilleggsdata fra bl.a. SSB, FAO, Met.no, AR5 og jordsmonnkartleggingen for utslippsberegninger. I tillegg brukes IPCC standard verdier hvor det er nødvendig og hensiktsmessig. For jord er det estimerer for endringer i lageret av jordkarbon som er sentralt – det vil si tap eller akkumulering. I mange arealtyper må det i tillegg tas hensyn til endringer i et eventuelt organisk lag («forest floor»). Metodikken skiller på om arealet er definert som mineraljord eller organisk jord. I Norge finnes det ikke data (måleserier) som kan brukes til estimering direkte, og de rapporterte tall er, avhengig av arealbrukskategori, basert på en rekke ulike modeller og på IPCC standardfaktorer. Metodene benyttet er beskrevet i den årlige utslippsrapporten levert til FN (Miljødirektoratet; Statistisk sentralbyrå; NIBIO, 2018).

Det forventes at et kart som etterspurt av FAO (og utviklet spesielt til bruk for norske forhold, med norske data og med norsk eierskap til utvikling og validitet) kan bidra inn i klimagassrapporteringen på følgende måter:

- kart over organisk karbon i jord kan potensielt danne grunnlag for metodeutvikling innen estimering av karbonendringer ved arealbruksendringer (land use change)
- kart over organisk karbon i jord kan potensielt danne grunnlag for en mer sofistikert arealinndeling, og kanskje også for utvikling av ny metodikk for utslippsberegningen, for arealer som i dag er i arealbrukskategorien «annen utmark»
- Samkjøring og delvis harmonisering av de mange ulike datasett som NIBIO eier (som er en forutsetning for et karbonkart) vil være en stor fordel i fremtidig metodeforbedring når det gjelder arealbeskrivelser som legges til grunn i klimagassregnskapet
- kart over jordkarbon kan potensielt være relevant i en utvikling av kommunale klimagassregnskap for arealbrukssektoren (første versjon av slike forventes lansert av Miljødirektoratet i nærmeste fremtid, NIBIO har levert data basert på metodikk fra det nasjonale klimagassregnskapet)

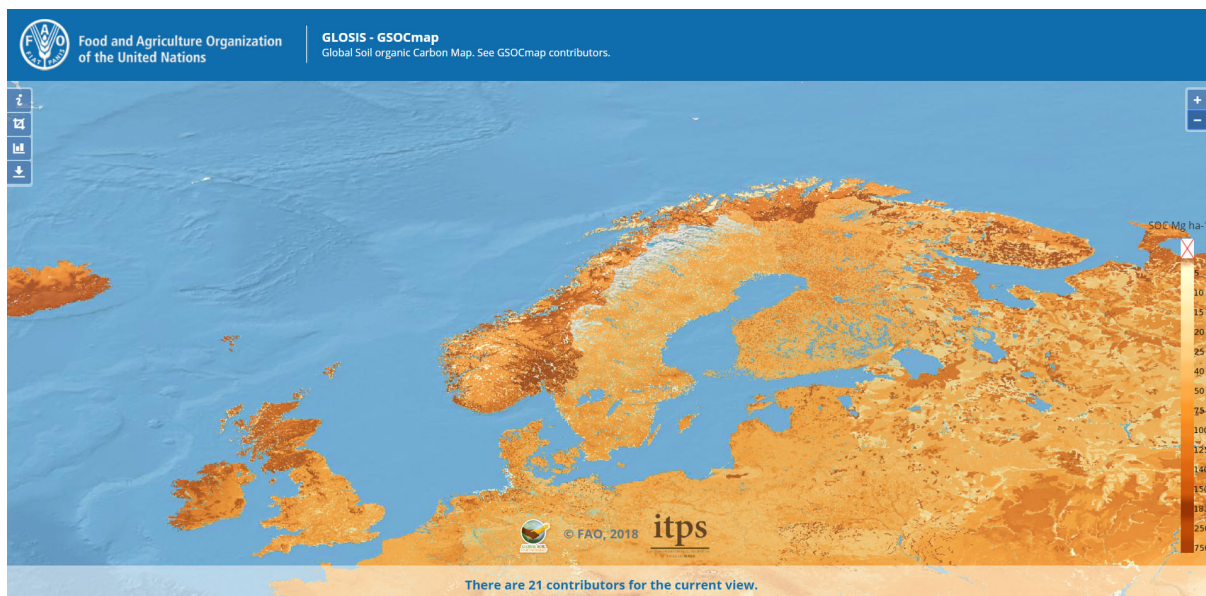
NIBIO har mange datakilder som kan gi grunnlag for en oversikt over organisk karbon i jord. Disse foreligger i form av kart eller punktdata. Presisjon og oppløsning på data som inngår er forskjellig. Mulige datakilder er beskrevet i kapittel 3.1. Definisjonen av organisk karbon/organisk materiale kan dessuten være sprikende og beroende av datakilde om det er snakk om jordbruksareal eller utmark. Eksempelene under viser noen ulikheter med hensyn til definisjoner:

- Definisjonen av myr er forskjellig. I DMK er tykkelseskravet til «dyrka myr» 20 cm, mens den er 30 cm på dyrkbar myr. På potensiell dyrkingsmyr er det også opplysninger om myrddybde over og under 100 cm. Dette mangler for myr som allerede er dyrka.
- På jordsmonnkartlagte areal er det mer detaljerte opplysninger om tykkelsen på det organiske laget i myr (< 40 cm, 40-100 cm og > 100 cm).

Utvikling av et kart over organisk karbonlager i jord gir anledning til å integrere og samordne opplysninger fra ulike datakilder. Med en begrenset og målrettet prøvetaking (kapittel 3.5), vil det kunne utvikles en modell som gir en samlet oversikt, med informasjon om organisk karbonlager i jord for det meste av landet. Da må definisjonene av organisk karbon/organisk materiale være harmonisert så langt det er mulig. En slik samordning øker verdien av de ulike datakildene.

2.4 Hvordan er GSOCmap utarbeidet i andre land?

Det er utarbeidet en generell metodikk for produksjon av Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap), (FAO, 2016) (FAO, 2018), men mange land har benyttet egne, landsspesifikke metoder tilpasset de datasett som er tilgjengelige. Resultatet har blitt et heterogent kart der riksgrensene framstår som karbongrenser. Norge er representert med et kart som inneholder store feil og mangler. Riksgrensen mot både Sverige og Finland ses tydelig og gir inntrykk av at det er svært store forskjeller mellom landene med hensyn til lager av organisk karbon i jord (figur 1). I tillegg framstår fjellområder i Norge med et høyere lager av organisk karbon i jord enn høyproduktive skogsområder i Sverige.

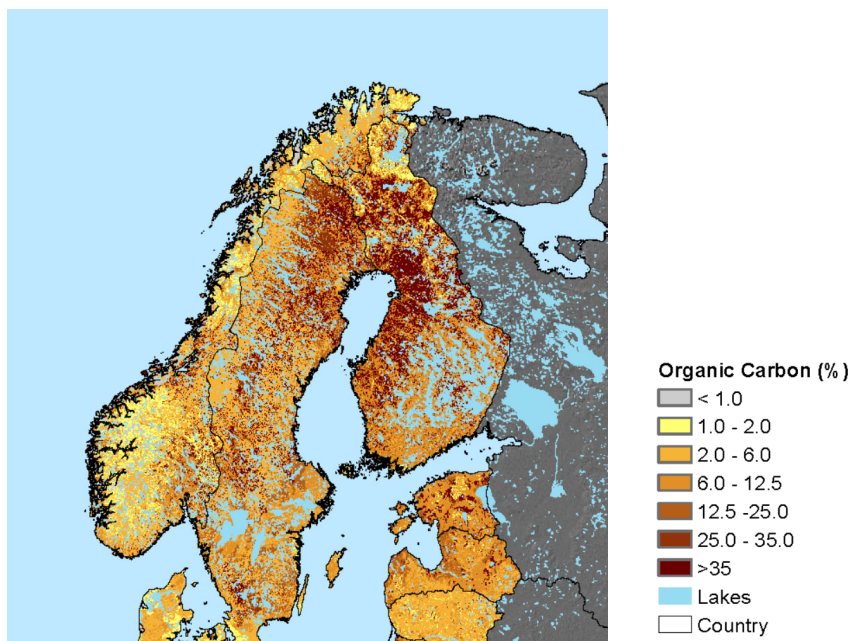


Figur 1: Utsnitt av Global Soil Organic Carbon map (lager av organisk karbon i jord i dybden 0 – 30 cm, Mg/haa). Riksgrensene framstår som karbongrenser.

Det bør derfor utvikles en ny metodikk som benytter alle relevante datasett i Norge. I tillegg må kartet harmoniseres over landegrensene (se avsnitt 2.4.5). Nedenfor gis en kort oversikt over hvordan nåværende Global Soil Organic Carbon Map er utarbeidet i Norge, Sverige, Danmark og Finland.

2.4.1 Norge

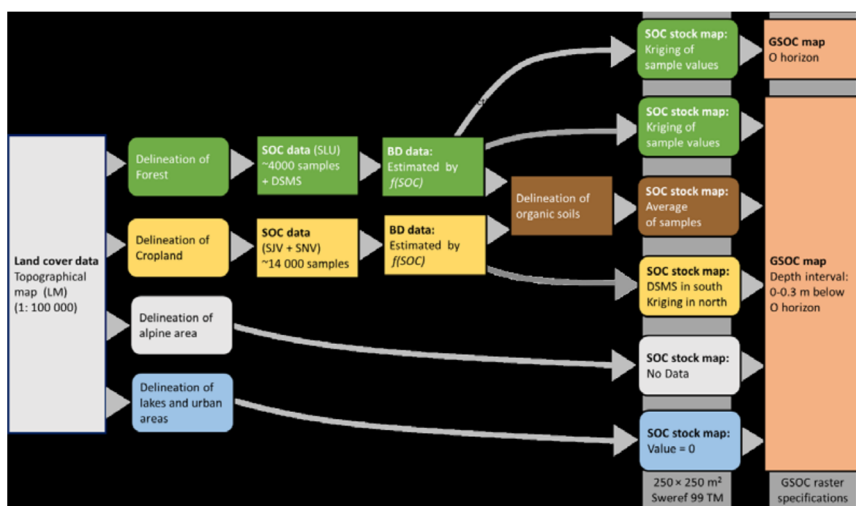
Det norske GSOCmap er basert på standardrutiner som benyttes av FAO når andre metoder ikke kan benyttes i kartframstillingen. For Norges vedkommende ble det brukt informasjon fra kartet Organic Carbon Content In Topsoils In Europe (OCTOP). OCTOP ble publisert i 2004 (Jones, 2004). OCTOP viser konsentrasjon av organisk karbon i jord (i %) i overflatesjiktet i jord i Europa (figur 2). Kartet dekker hele Norge og ble produsert i målestokk 1:1 000 000 på bakgrunn av innsendte data fra Norge (NIJOS) til European Soil Data Base på tidlig 1990-tall. Datakilder som inngår er: profildata både fra dyrka mark og skog, polygondata fra jordsmonnkartleggingen, løsmassekart og berggrunnskart fra NGU, Digitale markslagskart (DMK) og Jul Lågs gamle heldekkende jordsmonnkart.



Figur 2: Utsnitt av kartet Organic Carbon Content In Topsoils In Europe (OCTOP), konsentrasjon av organisk karbon i overflatesjikt i jord (%).

2.4.2 Sverige

I Sverige er to datasett benyttet, et fra prøvetaking i skogsjord (inkl. gras- og torvdekt areal) og et fra dyrket mark, figur 3 (Stendahl J., Global Soil Organic Carbon map, Sweden, personlig kommunikasjon, 22. januar 2019). Til sammen dekker disse 79 % av det svenske landarealet, resten er urbane områder, innsjøer og høyfjellsområder som ikke er gitt karbonverdi på kartet (= No data). Dataene er stratifisert ved hjelp av flere arealdatasett og ordinær kriging er benyttet som interpolasjonsmetode for mineraljord i skog og dyrket mark i nord. For dyrket mark i sør (90 % av dyrket mark) er karbonverdier oppskalert til 1x1 km grid fra digitalt 50x50 m rasterkart. For organisk jord i skog og på dyrket mark er snittverdier benyttet. Et nytt kart er i utvikling for Sverige og arbeidet her følges så langt det er mulig gjennom bl.a. INVENT-prosjektet (se 2.5.2) hvor noen av prosjektpartnerne er involvert i denne prosessen, både når det gjelder data og modellarbeid.



Figur 3: Oversikt over datasett (bokser med skarpe hjørner) og metoder (bokser med avrunda hjørner) benyttet i Sverige.

2.4.3 Danmark

Metodikken som er benyttet i Danmark for produksjon av GSOCmap som er beskrevet i Adhikari et al. (Adhikari, et al., 2014) (Adhikari, et al., 2013). Målte verdier hentes fra 1) et landsdekkende 7x7 km nett av profildata, 2) profildata langs gassrørledninger som krysser landet og fra 3) profildata fra ulike andre kartleggingsprosjekter. Disse verdiene er stratifisert i henhold til 18 miljødatasett (bl. a. jordtype, nedbør, arealbruk, våtmark, høydedata, relieff og fuktighetsindeks). Interpolerte karbonverdier og volumvekter er beregnet ved hjelp av regresjon-kriging. Glattingfunksjoner er benyttet for beregning av vertikalfordelingsfunksjoner i profilet. Karbonmengder per arealenhet beregnes for 4 dybdeintervall som slås sammen til kart som viser karboninnhold 0-30 cm og 0-100 cm.

2.4.4 Finland

Den finske delen av GSOCmap er basert på målte karbondata fra tre kilder: Den finske jordsmonndatabasen 1:250000 (Lilja H., personlig kommunikasjon, 23. januar, 2019), Lucas 2009 (Toth, Jones, & Montanarella, 2013) and Biosoil 2007 (Mäkipää & Heikkinen, 2003) (Heikkinen, Ketoja, Nuutinen, & Regina, 2009). Biosoil har også volumvektmålinger. Dataene er stratifisert etter fire sammenslåtte klasser basert på CORINE Land Cover 2012: Åkerareal, grasareal, skog og våtmark. Data fra fjernanalyse (gammastråling, høydemodell) er benyttet sammen med jordsmonndata. Biosoil data benyttes for skogarealene mens Lucas data benyttes for øvrige arealtyper. Snittverdier for organisk materiale og volumvekter er beregnet per hovedgrupper i WRB og karbonmengder per km² er beregnet ved konvensjonell GIS-oppskalering. Spesifikasjoner for den finske delen av GSOCmap er sammenfattet i figur 4 (Kassari, Evaluation of Finnish Carbon Stock with Hybrid Soil Data and Conventional GIS-upscaling, publication in prep.).

Spatial resolution	Depth	Unit	Temporal dimension
1 km	0-30 cm (all soils) <u>Optional extensions:</u> - 30-100 cm (peat) - Litter (forest)	Soil carbon [tons/hectare]	Nationally defined
Local soil data (point sources)	- Collection of sampling points (soil profiles or auger) - SOC stock calculations based on soil carbon (measured), bulk density and stones (both estimated or measured) - re-calculation or addition of horizons/layers to 30 cm depth		
IPCC land use categories*)	<u>Mandatory:</u> cropland, grassland and forests (IPCC (2006) recommends to include both managed and unmanaged areas) <u>Optional:</u> managed and unmanaged wetlands (e.g. natural open bogs) <u>Excluded:</u> settlement, wetlands (open waters), and other lands (e.g. bare rock and vegetation-free desert)		
Upscaling	1) Conventional GIS upscaling 2) Digital soil mapping (DSM) DSM is consistent with Pillar 4 coarse resolution soil grids (recommended)		
Uncertainties	a) Qualitative assessment (in the case of 1) b) Quantitative, e.g. standard deviation (in the case of 2)		

Figur 4: Spesifikasjoner for Finlands del av GSOCmap

2.4.5 Nordisk harmonisering

Som beskrevet tidligere i rapporten er det ikke per nå noen historikk på harmonisering mot hverken svensk, finsk eller dansk metodikk når det gjelder grunnlagsdata eller valg av modell(er). NIBIO ønsker å bruke de data som finnes i NIBIO allerede, og bygge på den kompetansen og aktiviteten som allerede finnes. Det vil si at metoder som er brukt i de nåværende FAO kart fra våre naboland ikke vil bli systematisk utprøvd. Kunnskap utveksles allerede i noen grad i pågående prosjekter hvor samarbeid med naboland er i gang. Hvis det skal settes i gang et arbeid med å utarbeide et nytt

GSOCmap for Norge, vil det tas kontakt med ekspertene i våre naboland for utveksling av erfaringer, innenfor de rammene som gis for et eventuelt prosjekt. Gitt at nødvendige ressurser er tilgjengelige, kan det for eksempel være relevant å invitere nordiske «jordkartansvarlige» til et midtveisseminar. Et naturlig følgeprosjekt av et nytt GSOCmap Norge vil være å kartlegge muligheten for nordisk harmonisering for jordkart i et langt tidsperspektiv, hvis dette er interessant i en forvaltningssammenheng og vurderes til å kunne øke kvaliteten generelt.

2.5 Et nytt GSOCmap Norge - i sammenheng med GSP og annet relevant arbeid i NIBIO

Et nytt Global Soil Organic Carbon Map for Norge og sammenheng med GSP behandles innunder kapittel 2.6. For informasjon om GSP forøvrig, vises det til kapittel 2.2.

I NIBIO er det flere pågående prosjekter som omhandler stedfesting av organisk karbon i jord. I oversikten under er disse inndelt i to grupper: 1) arbeid knyttet til ressursundersøkelsene og 2) nylige utførte / pågående forskningsprosjekter.

En nærmere vurdering av hvordan noen av disse prosjektene eventuelt kan inngå i utarbeidelsen av et nytt GSOCmap for Norge er ikke gjort, men vil gjøres som del av forarbeidet ved en eventuell bestilling.

2.5.1 Prosjekter knyttet til ressursundersøkelsene

Landsskogtakseringen

Landsskogtakseringen gir oversikt over skogressursene i Norge. Landsskogtakseringens registreringer er en utvalgskartlegging av areal-, ressurs- og miljødata, og dekker hele landet gjennom et rutenett med prøveflater. Det blir registrert blant annet arealtype og arealanvendelse på alle flater. Prøveflater i skog og med trær oppsøkes i felt, og det registreres parametre som gir opplysninger om blant annet stående volum, tilvekst, driftsforhold og miljøtilstand. Takstinnholdet blir jevnlig oppdatert for å møte nye behov fra samfunnet.

Arealtall og annen informasjon fra Landsskogtakseringen benyttes for å **beregne** opptak og utslipp av klimagasser fra skog og andre landarealer i klimagassregnskapet for arealbrukssektoren (eng. Land-Use, Land Use Change and Forestry). Kapittel 3.1 gir nærmere informasjon om Landsskogtakseringen, og beskriver hvilke relevante parametre som kan inngå i utarbeidelsen av et kart som viser lager av organisk karbon i jord.

Ansvarlig NIBIO: Aksel Granhus, Landsskogtakseringen, Divisjon skog og utmark

Finansiering: Kunnskapsutviklingsmidlene, ressursundersøkelser

Jordsmonnkartleggingen

NIBIO har det nasjonale ansvaret for kartlegging av jordsmonn på dyrket mark. Hensikten med jordsmonnkartlegging er å dokumentere og stedfeste jordas egenskaper som ressurs, for kunnskapsbaserte beslutninger innen agronomi og arealplanlegging, samt risikovurderinger knyttet til eventuelle miljøbelastninger innen landbruket.

Jordkartleggingen foregår på fulldyrka og overflatedyrka jord etter en standardisert, internasjonal metode. Årlig kartlegges det rundt 100 km², og per nå er ca. 53 % av landets fulldyrka og overflatedyrka jord kartlagt. Det er også utført en utvalgskartlegging på 902 forhåndsdefinerte flater. Resultater fra utvalgskartleggingen er publisert i NIBIO Rapport 13/2018 (referanse). I felt identifiseres ulike jordtyper ved hjelp av jordbor. Opphavsmateriale, tekstur (kornstørrelse), innhold av organisk materiale, jordas naturlige dreneringsgrad, jorddybde og jordsmonnutvikling blir vurdert.

Innhold av organisk karbon, og tykkelse på eventuelt organisk jord, er et viktig kriterium for å skille ulike jordtyper. I overflatelaget estimeres prosentvis innhold av organisk karbon, og følgende inndeling benyttes: < 3,5 %, 3,5 % - 20 %, > 20 %. Hvis det estimeres at innhold av organisk karbon er mer enn 20 %, er tykkelsen på det organiske laget et kriterium for skillet mellom mineraljord og organisk jord. Organisk jord har minimum 40 cm tykkelse (60 cm hvis dårlig omdannet), som starter ved overflata eller er begravd av et mineraljordsjikt med tykkelse mindre enn 40 cm. Organisk jord inndeles videre i omdanningsgrad (god, middels, dårlig), og om det er overgang til mineraljord innen 1 m dybde eller ikke (grunn organisk jord hvis mineraljord innen 1 m, dyp organisk jord hvis det ikke er mineraljord innen 1 m dybde). Det registreres også om den organiske jorda er omgravid eller profilert. Hvis det organiske laget har en tykkelse på mindre enn 40 cm, klassifiseres jorda som mineraljord med organisk overflatesjikt.

Kapittel 3.1 gir nærmere informasjon om jordsmonnkartleggingen og beskriver hvilke relevante datakilder fra jordsmonnkartleggingen som kan inngå i utarbeidelsen av et kart som viser lager av organisk karbon i jord.

Ansvarlig NIBIO: Siri Svendgård-Stokke, Jordkartlegging, Divisjon kart og statistikk

Finansiering: Kunnskapsutviklingsmidlene, ressursundersøkelser

Dyrkbar myr

Som grunnlag for analyser av dyrkbart myrareal har NIBIO etablert et nasjonalt datasett basert på kartgrunnlag og registre per 31.12.2018. Dette er et polygondatasett som kombinerer data fra AR5, Digitalt markslagskart (DMK), Matrikkelen og Landbruksregisteret. For hver polygon foreligger all AR5-informasjon, all informasjon om dyrkbar jord i DMK, samt hvilken landbrukseiendom arealet tilhører.

Datagrunnlaget er enten en del av det generelle datagrunnlaget NIBIO forvalter, lasta ned fra Geonorge.no, generert i andre prosjekter, eller tilrettelagt spesielt for dette prosjektet.

Tilrettelegging av data har resultert i et datasett (kart) med informasjon om alle landbruks-eiendommer og deres ressursgrunnlag (AR5 og dyrkbar jord). I tillegg er jordbruksareal og dyrkbar jord utenfor landbrukseiendommene med. Datasettet dekker totalt 209 748 km² (65 % av Norge) og har ca. 22 millioner polygoner. Dette tilsvarer på mange måter et landsdekkende «Gårdskart på internett» eller «Jordregister».

I tillegg er det benyttet data fra Landbruksdirektoratet (søknad om produksjonstilskudd (PT) fra 2018) med opplysninger bl.a. om en landbrukseiendom er knytta til landbruksforetak som søker tilskudd og om deler av eiendommen drives som leiejord. Det er også lagt til informasjon om arealer som ligger i naturvernområder og hvilken grunnkrets de tilhører.

I skrivende stund (februar 2019) utføres analyser av materialet med sikte på å presentere statistikk som belyser problemstillinger rundt dyrkbar myr. Statistikken forventes å foreligge i mars 2019.

Ansvarlig NIBIO: Geir-Harald Strand, Divisjon kart og statistikk

Finansiering: Kunnskapsutviklingsmidlene, ressursundersøkelser

Arealregnskap for utmark

Arealregnskap for utmark (AR18X18) er en nasjonal utvalgsundersøkelse av forekomst og fordeling av vegetasjonstyper i utmarka. Kvadratkilometerstore flater er kartlagt over hele landet. Samlet gir disse en forventningsrett arealstatistikk for arealstyper i utmark. Kartleggingen skjer etter samme instruks som ved beitegransking. Arealregnskapet gir derfor et særlig godt grunnlag for å beregne beitekapasitet nasjonalt og regionalt, men gir også relevant kunnskap for andre botaniske og økologiske formål. Arealregnskapet bidrar med datagrunnlag for næringsutvikling i utmark, utmarksforvaltning og for utvikling av politiske virkemidler og etterprøving av politikk.

Resultatene fra AR18X18 har blant annet vist at Norge har dobbelt så mye myr som tidligere antatt. Dette skyldes at myrarealene over skoggrensa tidligere kun var kartlagt fra flybilder. I flybilder er det både vanskelig å oppdage og avgrense myrarealer. AR18X18 er utført som feltkartlegging og har derfor kunnet fange opp de manglende myrarealene.

Ansvarlig NIBIO: Geir-Harald Strand, Divisjon kart og statistikk

Finansiering: Kunnskapsutviklingsmidlene, ressursundersøkelser

Forprosjekt skanning og digitalisering av myrarkivet

Kartarkivet fra Det norske jord- og myrselskap inneholder om lag 6000 kartfolier fra perioden 1888 til 1989. Av disse er det rundt 1000 boringskart som inneholder detaljerte målinger av myrddybde.

Kartene er fotografert og tilgjengelige som jpg-filer fra «Myrarkivet»:

<http://biodata.no/myrarkivdatabase/Myrarkivet.php>

Forprosjektet skal undersøke muligheter og kostnader knyttet til skanning, digitalisering og georeferering av kartene i myrarkivet, inndelt i tre oppgaver:

- Skanning av alle de ca. 6000 foliene i arkivkvalitet
- Digitalisere metadata fra de ca. 1000 boringskartene
- Georeferere boringskartene

Skanning av kart i dette formatet krever spesielt utstyr og kompetanse, og må gjøres av en privat aktør. I tillegg vil privat aktør også kunne bruke automatisk gjenkjenning for å punktfeste og lese av verdier fra kartene. Forprosjektet har engasjert en privat aktør for å gjøre forsøk på skanning og digitalisering, og for å gi en pris på dette. Georeferering vil trolig bli gjort av NIBIO. Forprosjektet skal være ferdig første halvår 2019.

Ansvarlig NIBIO: Kjetil Fadnes, Landbrukskart, Divisjon kart og statistikk

Finansiering: Stiftelsen fondet for jord- og myrundersøkelser og Kunnskapsutviklingsmidlene (Klimaforum NIBIO)

Myrkosten

DMK inneholder noe mer detaljerte opplysninger om myr og torvmark enn det som finnes i AR5. Opplysningene skal publiseres på Kilden innen april 2019.

I DMK skiller man mellom myr og torvmark. Myr er areal med myrvegetasjon og mer enn 30 cm torvlag. Torvmark er skogareal med minst 30 cm torvlag, men som ikke har preg av myr på overflata.

På myr- og torvmark som hadde produktiv skog, eller kunne grøftes og gi minst middels bonitet, og på dyrkbar myr, ble dybde, omdanningsgrad og vegetasjon registrert. Det er disse registreringene som nå skal legges ut på Kilden.

Dybde:

- Grunn myr: mindre enn 100 cm
- Djup myr: mer enn 100 cm

Omdanningsgrad i øvre lag (20-40 cm), for djup myr også nedre lag (70-100 cm)

- Lite omdanna: Von Post 1-3
- Middels omdanna: Von Post 4-6
- Godt omdanna: Von Post 7-10

Vegetasjon:

- Nøysom vegetasjon: Næringsfattige myrer (Nedbørsmyr)
- Ikke nøysom vegetasjon: Myrer som får tilført vatn som har vært i kontakt med mineraljord (Jordvassmyr)

Ansvarlig NIBIO: Kjetil Fadnes, Landbrukskart, Divisjon kart og statistikk

Finansiering: Landbruksdirektoratet

2.5.2 Forskningsprosjekter

RECARE-prosjektet

Hovedformål med RECARE er å utvikle metoder for effektivt å beskytte og restaurere jordsmonn i Europa. Det legges vekt på at dette gjøres trans-disiplinært og på å øke kunnskapsbasen for både «stakeholders» og forskere. Det jobbes i 17 ulike cases som representerer ulike trusler mot jordsmonn i ulike biofysiske og sosio-økonomiske miljøer i Europa. Nylig rapport (Stolte, et al., 2016) viser til i) % myr-dekning (peat cover) i Europa inkl. Norge (European soil database), ii) karbonkonsentrasjon i overflatejord (topsoil, OCTOP database) i Europa inkl. Norge og iii) modellert SOC lager i 0-30 cm dybde i europeisk jordbruksjord (CENTURY, CAPRESE models). I rapporten finnes det henvisninger dels til modellstudier på spesifikke arealklasser og til eksisterende europeiske databaser.

Ansvarlig NIBIO (arbeidspakke 2): Jannes Stolte, Jordressurser og arealbruk, Divisjon miljø og naturressurser. Det er et internasjonalt prosjekt, og vitenskapelig koordinator/prosjektleder er Dr Rudi Hessel (Wageningen Environmental Reserach).

Finansiering: EUs 7. rammeprogram (grant agreement 603498).

Engarealer som lagringsmedium for karbon

Prosjektet fokuserer på hvordan organisk materiale og karboninnholdet i eng blir påvirket av dyrkningspraksis og klima. **Prosjektets mål:** Øke kunnskap om samspill mellom alder av eng, driftsmåte, produksjonspotensialet og karbonbinding.

Delmål:

- 1) Kvantifisere karboninnhold i jord ned til 60-70 cm dybde (som er effektiv rottybde) i langvarig og kortvarig eng.
- 2) Evaluere karbondistribusjon og variasjon i jordprofil med spektroskopiske bilder i eng med ulike alder og drift og hva dette betyr for arealproduktiviteten.
- 3) Kartlegge karboninnhold i Vest- og Nord-Norge hvor det er mye grovfôrproduksjon ved bruk av GIS.
- 4) Bruke datamaterialet fra langvarige eng-forsøk i modeller som avdekker framtidens klimautfordringer og optimaliseringsmuligheter i karbonbinding
- 5) Skaffe kunnskap om økonomisk verdi av karbonbinding i jord.
- 6) Formidle resultater til gårdbrukere, rådgivere og forvaltning.

Ansvarlig NIBIO: Ievina Sturite, Fôr og husdyr, Divisjon mat og samfunn

Finansiering: Norges forskningsråd

INVENT-prosjektet

INVENT har som overordnet mål å forbedre metoder for beregning av estimater for skog til den nasjonale drivhusgassrapportering (UNFCCC) ved bruk av eksisterende data og, hvor det er mulig, å utvikle disse metoder så de i større grad kan fange opp regionale utslipp/opptak og effekter av klimatiltak. INVENT (Improving National forest inventory-based carbon stock change estimates for greenhouse gas inVENTories) er NFR-finansiert gjennom ERA-nettet «FACCE ERA-GAS». Prosjektet startet høsten 2017 og går frem til høsten 2020. Partnere er Latvia (Silava), Sverige (SLU), Danmark (KU) og Norge (NIBIO, koordinator).

Prosjektets arbeidspakke 2 (task 2.2 og 2.5) skal jobbe med dels å sammenstille de metoder som brukes i jordkartlegging i partnerland for bruk i drivhusgassrapportering, dels fremstille kart (cases) ved bruk av tilgjengelig data (profildata, høydemodeller etc) og ML modelleringsteknikker (ML «machine learning» algoritmer) med fokus på kompetanseoppbygging og utvikling av kontakt med forvaltning/brukere omkring kartleggingsbehov og -formål. En skandinavisk harmonisering av kartleggingsmetodikk er en naturlig del av prosjektets interne diskusjoner, men er ikke satt opp som mål i prosjektet da dette er en veldig langsiktig diskusjon og disse landene for tiden har veldig ulike metoder og datagrunnlag. Prosjektdeltakere fra både Sverige og Danmark inkluderer personer med kontakt til eller ansvar for kartlegging av skogsjord. LMD er representert i prosjektets referansegruppe for Norge.

Ansvarlig NIBIO: Lise Dalsgaard, Skog og klima, Divisjon skog og utmark

Finansiering: Norges forskningsråd

2.6 Bør NIBIO etablere et tettere samarbeide med FAO om "karbon i jord"?

FAO har et hovedansvar for FNs bærekraftsmål nummer to om å stanse sult i verden. Bærekraftsmålene 13 (om å stanse klimaendringene) og 15 (om bærekraftig bruk av naturressurser på land) er også relatert til bærekraftsmål nummer to. På bakgrunn av dette arbeider FAO sammen med styresmakter og partnere for å overvåke og fremme matsikkerhet, ernæring og bærekraftige jordbruksmetoder (FAO, 2019 F) (FAO, 2019 G).

Organisk karbon i jord (SOC) er relatert til en rekke viktige jordfunksjoner (som beskrevet i punkt 2.2) av betydning for klimatiltak og for jordsmonnets optimale funksjon som dyrkingsmedium. Kartlegging av verdens SOC ressurser, overvåking av karbontap eller karbonlagring i jord og arbeid for å fremme bruk av dyrkingsmetoder som øker jordsmonnets innhold av organisk karbon er derfor også sentralt for FAO.

Global Soil Partnership (GSP) ble etablert i 2012 for å ivareta FAOs oppgaver relatert til jord. GSP skal sørge for et bredt kunnskapsgrunnlag fra alle verdens regioner og samtidig være et redskap for å spre informasjon fra FAO og GSP tilbake til medlemslandene. Et samarbeid med FAO om karbon i jord vil i stor grad bety deltagelse i GSP.

FAO/GSPs arbeid er omfattende og involverer mange aktører. Innenfor rammene av dette forprosjektet er det ikke mulig å få full oversikt over alt FAOs/GSPs arbeid som er relatert til karbon i jord eller hvilke ulike muligheter og rammebetingelser som finnes for involvering.

Vi vil i det følgende beskrive:

- FAOs arbeidsoppgaver, samarbeidsformer og krav til samarbeidspartnere
- Samarbeid med FAO/GSP om karbon i jord
- NIBIOs statsoppdrag og overordnede føringer
- Vurderinger rundt et eventuelt tettere samarbeid

2.6.1 FAOs og GSPs arbeidsområder, samarbeidsformer og krav til samarbeidspartnere

Arbeidsområder

FAO skal tilrettelegge dialog mellom dem som har kunnskap og dem som trenger kunnskap. Målet er i følge FAO å sørge for at kunnskap omsettes i praksis der det trengs mest. FAO gjennomfører egne utviklingsprogrammer for jordbruk i utviklingsland. Dette finansieres gjennom medlemsstater i den industrialiserte delen av verden, utviklingsbanker og andre kilder. I tillegg samler og analyserer FAO data relatert til landbruk og lager retningslinjer og anbefalinger for hvordan landbruket skal minske risiko og møte kriser.

Samarbeidsformer

FAOs og GSPs arbeid er basert på samarbeidsavtaler (partnerskap) med styresmakter og instanser som har innflytelse eller genererer kunnskap relatert til FAOs arbeidsområder. Begrunnelsen er at:

«For å møte utfordringen med å bekjempe sult, er det helt nødvendig med politisk forpliktelse og betydningsfulle allianser med viktige involverte på alle plan. Partnerskap er ryggraden i FAOs misjon for å hjelpe til med å skape en global overensstemmelse i arbeidet for en verden uten sult.

Organisasjonens effektivitet og troverdighet som et forum for utforming av politikk og et unikt flerspråklig senter, for kunnskap og teknisk ekspertise avhenger i stor grad av organisasjonens evne til å arbeide for og å utvikle strategiske partnerskap. Bare gjennom effektivt samarbeid med styresmakter, forvaltning, privat sektor, akademisk, forskningsinstitusjoner og kooperativer og ved å benytte hverandres kunnskap og relative fordeler, kan usikker matforsyning overvinnes.» (FAO, 2019 H).

FAO legger spesielt vekt på samarbeid med høyere utdanningsinstitusjoner og forskningsinstitusjoner. I følge FAO er slikt samarbeid essensielt for å nå bærekraftsmålene relatert til matproduksjon og jordbruk (FAO, 2019 I).

Listen over FAO-partnere er lang og internasjonal og spenner over mange ulike instanser.

GSP har også mange partnere over hele verden (FAO, 2019 J). Nasjonale styresmakter som er knyttet til FAO blir automatisk også partnere i GSP (FAO, 2019 K).

Krav til samarbeidspartnere

I 2012 ga FAO ut en strategi for partnerskap som skulle veilede valg av partnere og legge premisser for samarbeidet. I følge FAO skal et slikt partnerskap være «et samarbeid og en felles innsats mellom FAOs enheter og utenforstående enheter ... Det involverer en relasjon der alle parter bidrar for å komme fram til avtalte resultater og måloppnåelse. Et partnerskap er ikke bare en økonomisk forbindelse» (FAO, 2012).

FAO/GSP stiller noen krav til sine partnere. I tillegg til prinsippene nevnt over, gjelder følgende retningslinjer for institusjoner innenfor høyere utdanning og forskning som ønsker partnerskap med FAO/GSP. Partnerinstitusjoner må:

- 1) Følge «UN Business Guidelines and similar principles of other UN agencies»
- 2) Være akkrediterte undervisningsinstitusjoner innenfor høyere utdanning og stå for utdanning og forskning av høy kvalitet
- 3) Være anerkjent som innehaver av ekspertise i sammenheng med aktivitetene som skal finne sted innenfor partnerskapet
- 4) Være selvstendig og ha akademisk frihet i sitt arbeid med å generere kunnskap

- 5) Være gjennomsluttsiktig og åpen i sin ledelse og når det gjelder finansiering, også i sammenheng med sitt partnerskap med FAO (FAO, 2019 L)
- 6) Mobilisere akademisk kunnskap og informasjon som har en direkte nytteverdi for FAOs medlemmer på grasrotplan;
- 7) Utvikle kapasiteter, stimulere interdisiplinær forskning og spre FAOs kunnskap og erfaring
- 8) Øke akademias (og forskningsinstitusjoners) engasjement i prosesser som involverer mange interessenter og i dialoger om matsikkerhet og ernæringsrelaterte spørsmål (FAO, 2019 I)

NIBIO oppfyller disse kriteriene og kan derfor inngå i samarbeid med FAO/GSP om dette er ønskelig. Siden norske styresmakter bidrar til FAO synes det for øvrig som Norge automatisk er en del av GSP (FAO, 2019 K) og at NIBIO om ønskelig bør kunne delta uten ytterligere formaliteter.

2.6.2 Samarbeid med FAO/GSP om karbon i jord

GSP har knyttet til seg et internasjonalt nettverk av forskere og institusjoner på ulike måter og med ulik grad av involvering. Nedenfor gis noen eksempler. Selv om karbon i jord ikke er eneste fokus i alle de ulike foraene, er dette temaet sentralt i en stor del av GSPs instanser og arbeidsoppgaver.

GSPs generalforsamling, the Plenary Assembly, møtes hvert år. Alle partnere i GSP kan møte her og påvirke GSPs videre arbeid. (FAO, 2019 M).

GSP har også et teknisk panel (ITPS) (FAO, 2019 N), et nettverk for institutter som leverer jordsmonndata (INSII eller the International Network of Soil Information Institutions) (FAO, 2019 O), flere arbeidsgrupper (WGs), (FAO, 2019 P), (FAO, 2019 Q), og symposier med ulike tema (f.eks. the Global Symposium on Carbon in Soil i 2017), (FAO, 2019 R). Samarbeid kan foregå gjennom årlige samlinger eller være nett-basert. GSP utarbeider også retningslinjer, veiledere, annet informasjonsmaterieil og en statusrapport om verdens jordressurser der forskere og institusjoner fra hele verden involveres (FAO, 2019 S), (FAO, 2017), (FAO, 2015). FAO jobber også med å utvikle en statistisk database om jord, SoilSTAT (FAO, 2019 T). NIBIO har mulighet for å engasjere seg i alle disse aktivitetene.

I tillegg til FAOs/GSPs hovedkontorer i Roma, har både FAO og GSP regionale enheter. Det finnes dessuten nasjonale enheter i en rekke land (FAO, 2019 U). Disse knytter også til seg partnere regionalt og nasjonalt. Mange av de underordnede organene til GSP finnes både på globalt og regionalt nivå, og det er mulig å samarbeide på et eller flere nivåer. The European Soil Partnership (ESP) har tett tilknytning til EU og er lokalisert ved Joint Research Centre (JRC) i Ispra, Italia (FAO, 2019 V), (FAO, 2013).

Erfaringer fra arbeid med genressurser og implikasjoner for NIBIOs engasjement relatert til karbon i jord

Norsk genressurssenter har erfaring fra FAOs kommisjon for genressurser og det internasjonale arbeidet for å sikre tilfredsstillende oppbevaring og deling av genressurser globalt. Utviklingen av felles globale standarder for metoder, innrapporteringer, referanser m.m. er helt nødvendig for at dette globale samarbeidet skal kunne fungere. Norsk genressurssenter har tatt en ledende rolle i dette arbeidet.

Erfaringer fra kommisjonsarbeidet bekrefter erfaringer som også andre i NIBIO har hatt med FAO. En stor, tung organisasjon gjør at prosesser går langsomt. Enkelte medlemsland kan blokkere viktige prosesser pga. egne nasjonale interesser. FAO har også store utfordringer når det gjelder finansiering.

På den annen side har FAO en koordinerende rolle og en innflytelse inn i politiske systemer i globale prosesser innenfor matsektoren.

Det ligger utenfor rammene av dette forprosjektet å vurdere om NIBIO kunne tatt en rolle i et internasjonalt arbeid for å oppnå målet om en standardisert, harmonisert global database på organisk karbon i jord slik genressurssenteret har gjort på sitt fagområde. En slik mulighet ville fremme NIBIO som internasjonal kunnskapsleverandør innenfor klimaarbeidet, men forutsetter at både kompetanse og finansiering er tilgjengelig (M. Rasmussen, personlig kommunikasjon, 28. februar, 2019).

2.6.3 NIBIOs statsoppdrag og overordnede føringer

NIBIOs tildelingsbrev gir grunnlag for at instituttet kan engasjere seg i internasjonalt arbeid relatert til klimaendringer og karbon i jord:

«Instituttet skal fortsatt videreutvikle klimarelevant kompetanse innenfor jordbruk, skogbruk og arealbruk. Dette er særlig kompetanse om opptak og utslipp av klimagasser, karbonlagring i landøkosystemene og landbrukets tilpasning til et klima i endring. Instituttet skal ta et særskilt ansvar for utvikling av metoder for kvantifisering av arealbrukens effekt på klimasystemet og klimaendringenes påvirkning på landøkosystemet generelt og landbruksproduksjonen spesielt. Kunnskapen skal gi grunnlag for utforming av effektive tiltak og virkemidler for å redusere klimagassutslipp, herunder økonomiske konsekvenser av tiltakene».

og

«Departementet viser til NIBIOs innsats med å følge opp regjeringenes strategi, og legger til grunn at instituttet viderefører et høyt internasjonalt engasjement også i 2019.»

Tildelingsbrevet påpeker også betydningen av å ha høy kompetanse på jord og å fremme metoder som ivaretar jordkvalitet og hindrer erosjon og andre trusler mot jordsmonnet.

Føringene i tildelingsbrevet presiserer at NIBIO skal engasjere seg både nasjonalt og internasjonalt i klimaarbeid, geodata-arbeid og jordforskning. Det presiseres også at NIBIO skal bidra til utvikling av kunnskap mht. økt binding av karbon i jord. Disse føringene kan benyttes til å begrunne et eventuelt økt engasjement i FAOs/GSPs arbeid på disse områdene, men det finnes også andre måter å oppfylle disse føringene på. Uten egen finansiering vil økt engasjement i FAO/GSP nødvendigvis gå på bekostning av innsats på andre områder. I tillegg kan man vurdere å prioritere andre, alternative former for internasjonalt samarbeid på fagområdet enn det som tilbys gjennom FAO/GSP.

2.6.4 Vurderinger rundt et eventuelt tettere samarbeid

Deltagelse og bidrag i FAO/GSP kan skje på flere områder.

Forskning

Norge har et kjølig klima og mye jord med et høyt innhold av organisk karbon. Forskningen på karbonutslipp og lagring i disse områdene kan bidra internasjonalt med unik kunnskap. For å forfølge dette sporet vil det være nødvendig å utarbeide en mer detaljert dokumentasjon av instituttets kompetanse og prosjekter på jordkarbon under våre klimaforhold.

Standardisering

Norge har en lang tradisjon for standardisering og er ledende innenfor standardisering av geografiske data. NIBIO har deltatt aktivt i standardiseringsarbeid på relevante fagområder i Norge, EU/EØS og ISO.

Kartlegging og overvåking

NIBIO har ansvar for en lang rekke nasjonale systemer for kartlegging og overvåking i Norge. Dette omfatter også jord og jordsmonn. NIBIOs erfaring med å organisere og gjennomføre nasjonale programmer har overføringsverdi til andre land og tema.

Rapportering

De nasjonale programmene som NIBIO driver innenfor en rekke landbruksfaglige områder benyttes for å produsere kart og statistikk, både til bruk i Norge og i internasjonal rapportering. I den Europeiske miljøovervåkingen kvalitetssikrer NIBIO data som produseres av miljøer utenfor Norge. Opp mot FAO/GSP kan NIBIO både innta en rolle som produsent og leverandør av data for Norge inn i de globale databasene, og i form av verifisering av den norske delen globale datasett produsert i internasjonale miljøer.

Vurderinger

Et samarbeid med FAO vil innebære en bred internasjonal kontaktflate. Da FAO og GSP har som en av sine oppgaver å ha oversikt over kunnskapsstatus innenfor ulike forskningsområder og skape synergier og samarbeid, vil et større engasjement fra NIBIO gi mulighet til å etablere nettverk som kan gi økte sjanser for deltakelse i internasjonale forskningsprosjekter. På den annen side kan omfattende møtevirksomhet og reisevirksomhet hindre forskeres publikasjonsfrekvens og forsinke deres forskerkarriere.

FAO finansierer i hovedsak sin egen virksomhet. Et økt engasjement i FAO/GSP må derfor finansieres med nasjonale midler. En del av dette arbeidet er også svært tidkrevende. Uten egne midler til slikt arbeid, vil et engasjement i FAO/GSP gå ut over andre oppgaver i NIBIO. Det må vurderes om det er aktuelt å engasjere seg i FAO/GSP hvis det ikke har tydelig og dokumenterbar nytte for gjennomføring av instuttets nasjonale oppgaver. Et engasjement uten at det foreligger en slik nytteverdi må egen finansiering på plass, enten fra FAO/GSP eller tredjepart.

Ved å følge med på satsingsområder og prioriteringer og inkorporere disse i NIBIOs prosjekter og formidlingsarbeid kan NIBIO imidlertid støtte opp om FAOs og GSPs arbeid uten å være direkte involvert. Det vil også være mulig å utvikle og prioritere søknader til Forskningsrådet med tanke på å utvikle en portefølje som er relevant for, og kan knyttes opp mot, FAO/GSP. Forskningsfinansieringssystemet er imidlertid uforutsigbart og gir ikke grunnlag for å utvikle og gjennomføre noen strategisk satsing i så henseende.

Et mer omfattende engasjement med mer direkte involvering i FAOs/GSPs aktiviteter vil være tid- og kostnadskrevende og må vurderes nøye før det igangsettes. Et realistisk engasjement kan være å:

- Levere norske data når dette er tilgjengelig og krever begrensede midler til tilrettelegging
- Velge ut (1 - 3) enkeltoppgaver innenfor standardisering/harmonisering/utvikling av systemer (etter nøye avveining av antatte kostnader og vårt potensielle bidrag) og gå inn i arbeidsgruppene for disse oppgavene
- Søke om forskningsrådsprosjekter som er aktuelle i FAO/GSP sammenheng og benytte disse som inngang til ytterligere inngang til involvering

Dersom en endrer måten FAO finansierer virksomheten, slik at FAO i større grad benytter tildelte midler til å kjøpe tjenester fra medlemslandene, vil det kunne sette FAO i stand til å finansiere landenes deltagelse i og bidrag til GSP og lignende prosesser. Samtidig vil det antagelig også tvinge frem en strengere prioritering av omfanget og virksomheten i slike prosesser.

NIBIO har en rolle overfor det Europeiske miljøbyrået (EEA) innen europeisk arealovervåking som ligner den rollen NIBIO kan innta overfor FAO/GSP innen SOC kartlegging. I arbeidet i EEA deltar

NIBIO som norsk representant i den koordinerende arbeidsgruppa (EIONET NRC Land), som produserer kart over Norge (Corine Land Cover) og utfører kvalitetskontroll av en rekke datasett som utarbeides for EEA av internasjonale konsulentfirma. Arbeidet er forankret i tildelingsbrevet fra LMD og deltagelse i den koordinerende arbeidsgruppa finansieres delvis over kunnskapsutviklingsmidlene. Produksjonen av kart som leveres til EEA, samt kvalitetskontrollen av ekstern produserte datasett, finansieres imidlertid i sin helhet av EEA. Både FAO og EEA er finansiert av medlemslandene. En viktig forskjell er imidlertid at mens FAO benytter sine ressurser til å finansiere sin interne virksomhet og baserer seg på gratis innsats fra medlemslandene, benytter EEA deler av sine ressurser til å kjøpe tjenester fra medlemslandene for å sikre utviklingen av virksomhetskritiske datasett.

3 Fire alternativer for utarbeidelse av et nytt GSOCmap Norge

Alle målte verdier av karbon, volumvekt og tekstur samt observasjoner av grus/stein/blokk -innhold innhentes og karbontetthet, 0-30 cm (eventuelt også 0-100 cm) beregnes per punktobservasjon. Det lages oppskaleringmetoder basert på disse verdier og relevante miljødatasett.

3.1 Datakilder

Nedenfor er mange potensielle datakilder nevnt. Disse har ulik kvalitet og oppløsning, datakildene har ulik dekningsgrad, noen er basert på heldekkende kartlegginger, andre er basert på utvalgskartlegginger. I en eventuell framtidig modellering må det vurderes hvilke datakilder som er mest formålstjenlig å benytte for de ulike delene av landet. I denne prosessen må det også vurderes hvilke deler av landet som har for få og/eller for usikre datakilder til at det kan utarbeides et kart over organisk karbon i jord (disse vil da framstilles som tomme).

3.1.1 Jordprofildata

Jordprofilbasen ved NIBIO har jordprofildata fra dyrka mark (ca. 3100 punkter), som er innhentet i forbindelse med den regulære jordsmonnkartleggingen. I tillegg består den av punkter fra ca. 1000 flater fra Landsskogtakseringen (9 x 9 km nettet). Punktdataene inneholder sjiktdata med opplysninger om total C / organisk C. I tillegg har punktdataene informasjon om egenskaper på profilstedet (høyde over havet, helling og hellingsretning, avsetningstype), sjikttype og -tykkelse, grus- og steinninnhold og analyser av tekstur per sjikt. Volumvekt (bulk density) og vannlagringsevne er ikke målt, men beregnet basert på pedotransferfunksjoner etter (Riley, 1996). Karboninnhold (vektprosent) og avleda karbontetthet (kg/dekar) er kontinuerlige verdier. Vedlegg 1 viser en kartillustrasjon over hvor jordprofildata finnes i Norge.

3.1.2 Datakilder som er tilgjengelige som kovariater til modellering og oppskalering

I utvikling av modell og anvendelsen av modellen i fremstilling av et kart inngår responsvariabel (som her er jordkarbon) og prediktorvariabler, også kalt kovariabler. Med kovariabler menes for eksempel klimadata, topografisk data, ulike kategoriske variabler fra eksisterende kart etc. Etter tilpassing av modell trengs også kovariabler i den nødvendige oppløsning for å predikere kartet i den ønskede oppløsning.

NIBIOs datakilder

Arealressurskart AR5 (1:5000)

Arealressurskart (AR5) er et detaljert, nasjonalt heldekkende datasett som gir informasjon om landets arealressurser. Datasettet deler inn landarealet etter arealtype, skogbonitet, treslag og grunnforhold. Se vedlegg 2 for dekning av AR5 og vedlegg 3 for jordbruksareal i AR5. Det vil være relevant (nødvendig) å bruke en klassifikasjon for skog som er en kombinasjon av treslag og bonitetsklasser, slik som det vil bli brukt i INVENT-prosjektet (se avsnitt 2.5.2).

Markslog i økonomisk kartverk (M 1:5000)

Digitalt markslogkart (DMK) er et landsdekkende datasett opp til skoggrensen. Dette datasettet blir ikke ajourført, men den forenkla versjonen, AR5, blir årlig oppdatert basert på ajourføring av

jordbruksarealet og situasjonen (veger, bosetting). DMK gir mer informasjon om dyrkbar organisk jord enn det som er inkludert i AR5.

Flere arealegenskaper kan benyttes:

- Fulldyrka, overflatedyrka, innmarksbeite (se vedlegg 3).
- Dyrkbar jord/ikke dyrkbar jord (se vedlegg 4)
- Mineraljord/organisk jord
- Myr, dybdeklasse (se vedlegg 5)
- Myr, klasser for omdanningsgrad
- Mineraljord, klasser for dreneringsgrad på dyrkbar jord
- Mineraljord, klasser for stein- og blokkinnhold

Alle variable er klasseverdier.

Jordsmonndata

Polygondata fra den regulære jordsmonnkartleggingen som er utført på ca. 5400 km² (hovedsakelig på fulldyrka jord, men også noe på overflatedyrka jord og innmarksbeite i henhold til Arealressurskart AR5). Dataene inneholder standardverdier for dybde til fjell, dreneringsgrad og sjiktegenskaper som tykkelse, innhold av organisk karbon (%), tekstur og grusinnhold. Karbontetthet basert på funksjoner etter (Riley, 1996) er beregnet for arealer som er kartlagt etter detaljert metodikk.

Karbonkonsentrasjon ligger inne med representative verdier per jordtype og sjikt. Se vedlegg 6 for oversikt over hvor den regulære jordsmonnkartleggingen er gjennomført.

Utvalgsundersøkelse jordsmonn

Fulldyrka, overflatedyrka jord (til en viss grad også innmarksbeite) er jordsmonnkartlagt på utvalgsflater (902 stk) i et 9x9km forhåndsdefinert rutenett. Karbontetthet per jordfigur kan beregnes for disse arealene basert på karbonverdier per jordtype og sjikt. Se vedlegg 7 for oversikt over de jordsmonnkartlagte utvalgsflatene.

Arealressurser (AR50)

AR50 er et heldekkende arealkart for Norge med opplysninger om vegetasjon over skoggrensen samt avgrensninger av urbane områder.

Vegetasjonskart M 1:50000

Vegetasjonskart finnes i deler av landet og kan gi en forbedret predikering basert på opplysninger om fuktighet og næringsinnhold i disse områdene og myrfigurer der DMK mangler. Se vedlegg 8 for oversikt over hvor vegetasjonskart finnes.

Arealregnskap utmark (AR18x18)

Et landsdekkende datasett med vegetasjonsdata på utvalgsflater i et 18X18km nett. Karboninnhold i enhetene er ikke beregnet, men klasser for fuktighet, næringsinnhold og myr i fjellet kan benyttes i interpolasjonsrutiner. Se vedlegg 9 for oversikt over de vegetasjonskartlagte utvalgsflatene. Det er ikke utført noen form for karbonmålinger (eller måling av andre jordkjemiske parametere) i AR18X18. Ved å samle prøver i de arealtypene som er representert i AR18X18 (se kapittel 3.5), og å beregne et estimert gjennomsnittlig karboninnhold per arealenhet for typene, kan AR18X18 benyttes til å estimere karbonlagring for arealtypene på regionalt og nasjonalt nivå. Dette kan særlig være aktuelt for utmarksområder som ikke er tresatt, og hvor det derfor mangler data fra Landsskogtakseringen.

Landsskogtakseringen (3x3/3x9/9x9 km punktnett i skog)

Landsskogtakseringens prøveflatenett med 22 000 permanente prøveflater er systematisk fordelt over hele landet. De predefinerte rutenettene er 3x3 km under barskoggrensa, 3x9 km over barskoggrensa og 9x9 km i Finnmark (utenom barskogområdene som har 3x3 nett).

Alle prøveflater i skog oppsøkes, dessuten alle flater utenom bebyggelse så sant det finnes minst ett tre innenfor flata. Ca 14 000 av prøveflatene er oppsøkt i felt. De øvrige er beskrevet ut fra flybildetolkning. Alle registreringene er gjort innenfor en sirkel på 250 m², og for alle punktene er følgende relevante parametere registrert (som klasseverdier, med unntak av høyde over havet):

Høyde over havet

Arealtype

Myr/Fastmark

Mineraljord/Torv

Vegetasjonstype (næringstilgang, vanntilgang)

Husdyrbeite

Jorddybde

Eksterne datakilder

Klimadata PCA Norge

Rasterdatasett basert på (Moen, 1998) som viser vegetasjonssoner (temperaturklasser) og vegetasjonsseksjoner (klasser for oceanitet).

Landsdekkende punktdatasett med interpolerte værdata

Meteorologisk institutt har levert et landsdekkende punktdatasett til NIBIO. Dette er interpolerte værdata, hvor følgende parametere finnes:

- Globalstråling, døgnerverdi
- Temperatur, døgnmiddel
- Nedbør, døgnsom
- Evapo-transpirasjon, døgnerverdi
- Snødekke, døgnerverdi

Disse variable er i utgangspunktet kontinuerlige verdier som kan klassifiseres.

Løsmassekart (Norges geologiske undersøkelse)

Løsmassekartet (kvartærgeologisk kart) er landsdekkende i målestokk 1:250000, men databasen inneholder også mer detaljert kartlegging i M 1:50000 og 1:20000. Egenskaper som kan benyttes er:

- Jordart (avsetningstype)
- Infiltrasjonsklasse

Terrengdata (Kartverket)

Terrengopplysninger kan hentes fra digital terrengmodell for Norge. Følgende tema kan være aktuelle i en interpolasjonsrutine:

- Høyde over havet
- Eksposisjon

- Relieff
- Topografisk fuktighetsindeks og/eller depth-to-water indeks (dette må undersøkes nærmere)

Kan representeres med snittverdier per piksel eller klasseverdier.

3.2 Valg av modelleringsmetoder

Betraktninger omkring valg av modell og modellvalidering beskrevet her vedrører primært alternativ 1, 3 og 4, hvor det forutsettes utstrakt bruk av kovariater i flere areal typer.

Noen hovedtyper kan vurderes:

- «kriging» hvor det interpoleres mellom datapunkt evt. ved bruk av kovariater (miljøvariable, tilleggsvariable, f.eks. topografi) som hjelper med å forbedre estimatene mellom datapunkt dvs. punktenes innbyrdes avstand har betydning
- klassiske regresjoner mellom SOC og miljøvariable (tilleggsvariable f.eks. klima),
- gjennomsnitt for avgrensede areal typer/soner
- Machine Learning (ML) metoder hvor en algoritme «fôres» med et datasett av responsvariable og kovariabler

I motsetning til i)- iii) har iv) ikke noen «a priori» beskrivelse/forventning av hvilken sammenheng det er mellom respons- og kovariabel, men algoritmen utleder noen regler fra datasettet som omsettes til prediksjoner på kartet. En styrke ved ML er at veldig store datamengder kan håndteres og uventede mønstre i data kan avdekkes, men en utfordring er at de klassiske mål om statistisk signifikans ikke gjelder og modellen kan ikke «reduseres» på samme vis som regresjonsmodeller ved å se på signifikansnivået for de enkelte kovariabler; kartet må altså evalueres ved hjelp av alternative metoder/ulike indekser utviklet for formålet.

Gitt at det er mange mulige modelleringsmetoder, har vi satt følgende kriterier for valg av metodikk. Hovedmålet er å identifisere metoder som:

- kan brukes med tilgjengelig ekspertise og tekniske ressurser innenfor NIBIO
- danner kart vi kan forklare med usikkerheter som kan kvantifiseres
- passer sammen med de tilgjengelige datakildene og deres kvalitet
- leverer robuste prediksjoner på relevant skala
- gir mulighet for harmonisering med andre nordiske land

Disse kriterier innebærer at metodene må være vel etablert og må ha blitt validert i tidligere studier. Ifølge litteraturen finnes det ingen «best egnet» metode for å oppskalere og modellere jordegenskaper generelt eller for innhold av organisk karbon spesielt. I utarbeidelsen vil det derfor brukes to ulike metoder: *Random Forest* og *k-Nearest-Neighbor*. Begge metoder har forskjellige fordeler og ulemper, og vil bli omfattende testet og validert spesielt med hensyn til potensielle forskjeller i resultatene. Både *Random Forest* og *k-Nearest-Neighbor* er eksempler på digitale jordkartleggingsmetoder (digital soil mapping, DSM), og tilsvarer FAOs anbefaling (FAO, 2016) for å prioritere DSM framfor konvensjonelle oppskaleringsmetoder (f.eks. enkel oppskalering basert på jordtype). Nedenfor følger en kort beskrivelse av *Random Forest* og *k-Nearest-Neighbor*, samt ytterlige begrunnelse for metodevalget.

3.2.1 Random Forest (RF)

RF er en maskinlæringsteknikk som bygger på beslutningstre-konseptet. Algoritmen oppretter en rekke av regler som rekursivt deler opp et datasett med observasjoner (responsvariabel, her innhold av organisk karbon) ved hjelp av kovariabler med målet å utskille homogene grupper. De resulterende reglene, som utgjør den faktiske modell, brukes etterpå til å predikere responsvariabelen for hele det arealet hvor modellen er tilfredsstillende med hensyn til pre-definerte kriterier. I RF-metoden opprettes det mange ulike beslutningstrær fra samme inngangsdata, og den endelige prediksjon er en kombinasjon, det vil si et vektet gjennomsnitt, av prediksjonene fra hvert enkelt beslutningstre. RF er en av metodene som anbefales i «Soil Organic Carbon Mapping Cookbook» gitt ut av FAO (FAO, 2018) og brukes også i det globale, for tiden mest avanserte kartproduktet om jordegenskaper, SoilGrids (Hengl, 2017). I tillegg er RF-metoden til nå testet for å predikere organisk karbon i skogsjord i Sverige, det vil si den kan bli basis for en framtidig nordisk harmonisering av digitale jordkarbonkart.

3.2.2 k-Nearest-Neighbor (k-NN)

k-NN (k-Nearest-Neighbor) er en parameterfri algoritme innen klassifisering og regresjon, og har vist gode resultater innen prediksjon og kartlegging av jordegenskaper (Mansuy, 2014), (Nemes, Rawls, & Pachepsky, 2006). Metoden definerer ikke naboskap romlig, men er basert på likheter i kovariabler (f.eks. klima, topografi, arealbruk). Prediksjonen av responsvariabelen er et vektet gjennomsnitt av et definert antall (k) av observasjoner som er mest like med hensyn til kovariabler. Metoden velges som et enkelt og robust alternativ til mer avanserte DSM metoder og gjør det mulig å sammenligne prestasjonsevnene av enkle og avanserte metoder for landsdekkende kartlegging av jordkarbon i Norge.

Datakilder til modellering foreligger i ulik kvalitet og dekningsgrad, dette betyr at noen datasett med svært høy kvalitet ikke er tilgjengelige for hele landet. For å lage et kart med best mulig presisjon blir modelltilpasning og prediksjon gjort på en trinnvis måte. Det vil si at modellene blir optimert og kjørt med forskjellige inngangsdata avhengig av den tilgjengelige datakvalitet på på gjeldende sted.

3.2.3 Modellvalidering

Validering er et viktig moment i modellutvikling for å underbygge modellens pålitelighet. Begge modelleringsmetoder vil valideres ved å dele opp hele datasett i et treningsdatasett (80 %) til modellutvikling og et valideringsdatasett (20 %). Denne prosessen skal gjentas flere ganger med ulike oppdeling (kryssvalidering). I tillegg skal prestasjonsevnene av begge metoder vurderes med hensyn til bias (systematisk avvik fra observasjonene) og dennes sammenheng med kovariabler. I tillegg er det mulig å sammenligne fordelingen av prediksjoner med fordelingen av observasjoner («accuracy plots») (Vaysse & Lagacherie, 2017) som også visualiserer usikkerheter i prediksjonene. På dette grunnlaget skal det lages kart som viser nedre og øvre konfidensintervall.

3.3 Alternativ 1

Alternativ 1 baseres på å benytte eksisterende datakilder (både målte datakilder og kovariabler), uten ytterligere datafangst. Den modellen som er best tilpasset datakildene velges (se kapittel 3.1 og dekningskart i vedlegg). Ved bruk av dette alternativet vil det være stor usikkerhet ved modelleringen, og noen arealtyper vil formentlig representeres ved svært enkle modeller (type vektet gjennomsnitt). Kartet vil kunne inngå som et kunnskapsgrunnlag for videre arbeid med karbonlagring og karbonmodellering i de deler av landet som dekkes av eksisterende datakilder og forventes å gi erfaring i modellvalg, modelvalidering og kvantifisering av systematiske feil. Deler av landet vil framstå uten data.

3.3.1 Framdriftsplan

Arbeidet kan påbegynnes i 2020 og en leveranse kan være klar innen medio 2021.

3.3.2 Budsjett

Tabell 1: Budsjett for alternativ 1

Aktivitet	Kostnad
Prosjektadministrasjon	50 000
Utvikling av prosjektbeskrivelse med arbeidspakker	75 000
Etablere et hierarki for valgte datakilder	150 000
Systematisk tilrettelegging av eksisterende data	200 000
Valg av metodikk og prøvetakingsnett for datafangst	0
Innsamling og analyse av jordprøver for areal typer der slike mangler	0
Teste ulike modeller, validere og kryssvalidere disse, inklusiv beskrivelse av systematiske feil	800 000
Vurdere usikkerhetene og hvordan disse skal beskrives	150 000
Valg av modell (-er) for ferdig kartproduksjon, utarbeide kart med dokumentasjon og avlevere produkt til FAO	150 000
Utarbeide norsk versjon av leveransen (inkl. utarbeidelse av kartlag på kartportalen Kilden og for nedlasting)	125 000
Total	1 700 000

3.4 Alternativ 2

Alternativ 2 baseres på å benytte eksisterende datakilder (både målte datakilder og kovariabler), og i tillegg samle inn ytterligere profildata med målte verdier. I tilfelle alternativ 2 velges, vil det bli nødvendig med en prosess hvor det velges ut hvor disse nye punktdata skal innsamles, og hvor mange. Dette utvalget er ikke gjort på nåværende tidspunkt. Det er forventet at det vil være størst behov for nye punktdata over skoggrensa, men det kan også være nødvendig med prøvetaking i skogsområder. Det må i det tilfelle sikres at nye punktdata innsamles med de nødvendige variabler for estimering av karbonlager, for eksempel er det essensielt å få målt volumvekt. På nåværende tidspunkt er det ikke foretatt valg av hverken metodikk eller prøvetakingsnett for datafangst, men dette vil utarbeides ved et eventuelt oppdrag.

Et alternativ til den matematisk/statistiske modelleringen som er beskrevet i avsnitt 3.2 (alternativ 1, 3 og 4) er en enklere, deterministisk modellering av SOC basert på eksisterende kartgrunnlag og kunnskap om typiske SOC verdier for hver arealtype. Ved å legge et 1x1 km rutenett over landet kan man avlede en arealstatistikk som viser fordelingen av areal typer innenfor hver rute. Hvis det foreligger typiske SOC verdier for areal typene kan disse multipliseres med arealtallene og resultatene summeres opp for hver rute. I realiteten blir dette et arealvektet gjennomsnitt av «typiske» SOC verdier for arealklassene i hver rute. Presisjonen i estimatene vil avhenge av detaljeringsgraden i

arealklassifikasjonen og hvor gode (representative) de typiske SOC verdiene er. Et slikt SOC kart kan leveres FAO og det kan gi overordnet informasjon om SOC situasjonen i Norge. Kartet vil kunne inngå som et kunnskapsgrunnlag for videre arbeid med karbonlagring og karbonmodellering. Dette alternativet innebærer hverken en modellvalidering, eller en grundig usikkerhetsestimering eller en kvantifisering av systematiske feil.

3.4.1 Framdriftsplan

Arbeidet kan påbegynnes i 2019 og en leveranse kan være klar i løpet av 2020.

3.4.2 Budsjett

Tabell 2: Budsjett for alternativ 2

Aktivitet	Kostnad
Prosjektadministrasjon	50 000
Systematisk tilrettelegging av eksisterende data	200 000
Valg av metodikk og prøvetakingsnett for datafangst	200 000
Innsamling og analyse av jordprøver for arealtyper der slike mangler	1 400 000*
Vurdere usikkerhetene og hvordan disse skal beskrives	75 000
Utarbeide kart med dokumentasjon og avlevere produkt til FAO	150 000
Utarbeide norsk versjon av leveransen (inkl. utarbeidelse av kartlag på kartportalen Kilden og for nedlasting)	125 000
Total	2 200 000

* Forutsetter en feltsesong (2 mnd) for 2 personer, samt laboratoriearbeid for analyse. Om lag 75 jordprøvetakinger/representasjoner.

3.5 Alternativ 3

Alternativ 3 inkluderer jordprøvetaking som beskrevet under alternativ 2.

Den modellen som er best tilpasset datakildene velges (se kapittel 3.1 og dekningskart i vedlegg). Ved bruk av dette alternativet vil usikkerheten reduseres i områder med manglende datakilder, og færre deler av landet vil framstå uten data. På nåværende tidspunkt er det ikke foretatt valg av hverken metodikk eller prøvetakingsnett for datafangst, men dette vil utarbeides ved et eventuelt oppdrag. Kartet vil kunne inngå som et viktig kunnskapsgrunnlag for videre arbeid med karbonlagring og karbonmodellering. Det forventes at modeller vil kunne gi grunnlag for å kvantifisere systematiske feil i kartet for deler av landet (hvis ikke for hele landet). Videre vurderes det at dette alternativet vil gi erfaring i bruk av ulike metoder for modellering og modellvalidering som kan brukes i videre forskningsarbeid.

3.5.1 Framdriftsplan

Arbeidet kan påbegynnes i 2020 og en leveranse kan være klar innen medio 2021.

3.5.2 Budsjett

Tabell 3: Budsjett for alternativ 3

Aktivitet	Kostnad
Prosjektadministrasjon	50 000
Utvikling av prosjektbeskrivelse med arbeidspakker	75 000
Etablere et hierarki for valgte datakilder	150 000
Systematisk tilrettelegging av eksisterende data	200 000
Valg av metodikk og prøvetakingsnett for datafangst	200 000
Innsamling og analyse av jordprøver for arealtyper der slike mangler	1 400 000*
Teste ulike modeller, validere og kryssvalidere disse, inklusiv beskrivelse av systematiske feil	800 000
Vurdere usikkerhetene og hvordan disse skal beskrives	150 000
Valg av modell (-er) for ferdig kartproduksjon, utarbeide kart med dokumentasjon og avlevere produkt til FAO	150 000
Utarbeide norsk versjon av leveransen (inkl. utarbeidelse av kartlag på kartportalen Kilden og for nedlasting)	125 000
Total	3 300 000

* Forutsetter en feltsesong (2 mnd) for 2 personer, samt laboratoriearbeid for analyse. Om lag 75 jordprøvetakinger/representasjoner.

3.6 Alternativ 4

For å redusere usikkerheten ved en leveranse ytterligere, kan man se for seg en fortetting av eksisterende profildata og eventuelt supplerings av kovariabler. Dette alternativet har lik metodikk for utarbeidelse som alternativ 3, men innebærer mer utstrakt innsamling av data målte verdier av SOC.

3.6.1 Framdriftsplan

Arbeidet kan påbegynnes i 2020 og en leveranse kan være klar innen medio 2021, forutsatt at datafangst kan utføres i løpet av én feltsesong.

3.6.2 Budsjett

Tabell 4: Budsjett for alternativ 4

Aktivitet	Kostnad
Prosjektadministrasjon	150 000
Utvikling av prosjektbeskrivelse med arbeidspakker	75 000
Etablere et hierarki for valgte datakilder	150 000
Systematisk tilrettelegging av eksisterende data	200 000
Valg av metodikk og prøvetakingsnett for datafangst	200 000
Innsamling og analyse av jordprøver for arealtyper der slike mangler	5 600 000*
Teste ulike modeller, validere og kryssvalidere disse, inklusiv beskrivelse av systematiske feil	800 000
Vurdere usikkerhetene og hvordan disse skal beskrives	150 000
Valg av modell (-er) for ferdig kartproduksjon, utarbeide kart med dokumentasjon og avlevere produkt til FAO	150 000
Utarbeide norsk versjon av leveransen (inkl. utarbeidelse av kartlag på kartportalen Kilden og for nedlasting)	125 000
Total	7 600 000

* Forutsetter en feltsesong (2 mnd) for 8 personer, samt laboratoriearbeid for analyse. Kan gi om lag 300 jordprøver/representasjoner.

4 Konklusjon

Det er knyttet stor usikkerhet til det kartet FAO nå har publisert. Variasjonen og usikkerheten impliserer at kartet er dårlig egnet til å beskrive status, sammenligne Norge med andre land, eller utvikle treffsikre klimatiltak.

Et kart som gir et riktigere bilde av SOC status i Norge vil øke kunnskapen om den geografiske variasjonen av karbon i jordsmonnet. Et kart over karbonlagre i jordsmonnet kan, sammen med annen informasjon, gi grunnlag for å målrette tiltak for å redusere klimagassutslipp, og for å øke karbonlagring i jordsmonnet. Et kart som viser lager av organisk karbon i jord for alle arealtyper i hele landet i et 1x1 km rutenett, vil således øke kunnskapsgrunnlaget på nasjonalt og regionalt nivå, men detaljeringsgraden tilsier at det ikke kan brukes lokalt.

Et kart med estimerte SOC verdier vil ikke kunne brukes til å rapportere endringer. For å rapportere endringer må man basere seg på gjentatte målinger (eller validerte modeller). De samme målingene kan imidlertid brukes både til å konstruere kart, og til å beregne og rapportere endringer (hvis målingene gjentas). Dersom kartet er av god nok kvalitet kan det imidlertid potensielt danne grunnlag for å utvikle en metodikk for beregning av endringer i jordkarbon på områder hvor en i dag ikke har tilstrekkelige data (primært åpne utmarksarealer).

FAO finansierer ikke nasjonale bidrag til GSOCmap. Et norsk bidrag til GSOCmap forutsetter derfor at leveransen er en forlengelse av tiltak som er begrunnet i nasjonale behov.

Deltagelse i FAO/GSP

Tildelingsbrevet gir NIBIO forankring for å delta i aktiviteter i FAO/GSP. NIBIO må selv vurdere om dette er en hensiktsmessig bruk av ressurser, opp mot føringene i tildelingsbrevet. Deltagelse koordineres innad i NIBIO og rapporteres som en del av den ordinære virksomheten. Hvis det ønskes mer ressurskrevende deltakelse, for eksempel utarbeidelse av kart, så må slikt arbeid gjøres gjennom tilleggsfinansiering.

Leveranse av GSOCmap for Norge

FAOs GSOCmap er publisert med store variasjoner, og åpenbare feil og mangler, uten tilstrekkelig harmonisering. Fra FAOs side pekes det allikevel på mange bruksområder for kartet. Hvis et GSOCmap for Norge skal kunne ha en reell betydning for Norge, både for nasjonal forvaltning og for forskning (nasjonal og internasjonal), så må eksisterende kart for Norge erstattes. For å få utarbeidet et nytt kart må det settes av tilstrekkelig med ressurser, slik at kvaliteten på kartet blir god nok.

SOC kart for Norge

Vår vurdering er at et SOC kart for Norge antas å være relevant og interessant for mulig forbedring av klimagassregnskapet, men at dette stiller krav til kvalitet og nøyaktighet. Kvalitet og nøyaktighet vil primært være avhengig av gode SOC målinger med tilstrekkelig geografisk dekning, og av en modelltilnærming.

De ulike alternativene for å etablere et nytt GSOCmap for Norge gir ulik nytteverdi og vil kreve ulike kostnader. Billigste alternativ, **alternativ 1**, gir, etter vår oppfatning, en mindre mulighet for nasjonal flerbruk av resultatene, og vil stort sett kun svare på FAOs bestilling og anbefalte metodikk. Et SOC kart basert på dette alternativet vil innebære store usikkerheter i arealer/arealtyper som ikke har tilstrekkelige SOC målinger per i dag.

For å være interessant for bruk i Norge bør et SOC kart være basert på bedre informasjon om typiske SOC verdier enn det som er tilgjengelig. Det er derfor nødvendig å samle inn og analysere jordprøver for arealtyper der det mangler informasjon, slik som foreslått i alternativene 2, 3 og 4. **Alternativ 2** for å utarbeide et SOC kart for Norge benytter ikke interpolering av SOC verdier eller relasjoner til

kovariater (miljøvariabler), men de ulike arealtyper vil inngå i kartet med deres typiske SOC verdi (f.eks. gjennomsnitt). Usikkerhetsestimering er ikke en del av metodikken. Det viktigste resultatet fra et SOC kart basert på alternativ 2 er ikke selve kartet, men økt kunnskap om typiske SOC verdier i norske arealtyper gjennom jordprøvene. Dette vil være et viktig kunnskapsgrunnlag for videre arbeid med karbonlagring og karbonmodellering, og således kunne være nyttig i flere sammenhenger i NIBIO. Det norske SOC kartet vil være en spin-off effekt av at det samles inn slike typiske SOC verdier.

Alternativ 3 legger, i tillegg til datainnsamling, stor vekt på nasjonal metodeutvikling innenfor SOC modellering. I dette alternativet benyttes ulike oppskaleringsmetoder (enkelt gjennomsnitt for avgrensede arealtyper, k-nærmeste naboer metoden og maskinlæring) for å lage SOC kartet.

Usikkerheter og systematiske feil kan beskrives i et større omfang enn i alternativ 2.

Maskinlæringsmetoden tilsvarer FAOs anbefaling for å prioritere DSM (*digital soil mapping*) metoder framfor konvensjonelle oppskaleringsmetoder. Alternativ 3 vil gi økt vitenskapelig verdi, og gi et produkt som kan benyttes i ulike vitenskapelige sammenhenger av NIBIO og andre forskningsinstitusjoner. Dette alternativet innebærer at ulike fagmiljøer i NIBIO vil involveres, og vil på sikt føre til økt samarbeid om bruk av data og kompetanse internt i NIBIO.

Alternativ 4 er det alternativet som vil gi flest muligheter. Det vil ha samme tilnærming som alternativ 3, men med flere jordprøver. Det er først på dette nivået at vi forventer en reell forbedringsmulighet for det nasjonale klimagassregnskapet.

Litteraturreferanse

- Adhikari, K., E., H. A., Minasny, B., Kheir, B. R., Greve, M. B., & Greve, M. H. (2014). Digital Mapping of Soil Organic Carbon Contents and Stocks in Denmark. *PLoS ONE* 9(8): e105519. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105519>.
- Adhikari, K., Kheir, B. R., Greve, M. B., Bøcker, P. K., Malone, B. P., Minasny, B., . . . Greve, M. H. (2013). Digital Mapping of Soil Organic Carbon Contents and Stocks in Denmark. *Soil. Sci. Soc. Am.J.*
- FAO. (2004). *Carbon sequestration in dryland soils*. Hentet fra <http://www.fao.org/docrep/007/y5738e/y5738e05.htm>
- FAO. (2012). *FAO Organization-side strategy on partnerships*. Hentet fra <http://www.fao.org/3/a-bp169e.pdf>
- FAO. (2013, October 31.). Hentet fra <http://www.fao.org/3/a-bc025e.pdf>
- FAO. (2015). *Status of the World's Soil Resources*. Hentet fra <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>
- FAO. (2016). *GSP Guidelines for sharing national data/ information to compile a global soil organic carbon map (GSOC17)*. Hentet fra https://www.isric.org/sites/default/files/3_Guidelines_GSOC17.pdf
- FAO. (2017). *Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management*. Hentet fra <http://www.fao.org/3/i6874en/I6874EN.pdf>
- FAO. (2018). *Soil Organic Carbon Mapping Cookbook*. Hentet fra <http://www.fao.org/3/I8895EN/I8895en.pdf>
- FAO. (2019 A). *Five pillars of action*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/pillars-action/en/>
- FAO. (2019 B). *Pillar 4: Information and Data*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/pillars-action/4-information-data/en/>
- FAO. (2019 C). *The GSOCmap a stepping stone in our knowledge of soils*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/pillars-action/4-information-data/en/>
- FAO. (2019 D). *About the sustainable development goals*. Hentet fra <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
- FAO. (2019 E). *Global soil partnership*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/en/>
- FAO. (2019 F). *End hunger, achieve food security and improved nutrition and promote sustainable agriculture*. Hentet fra <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-2/en/>
- FAO. (2019 G). *About FAO*. Hentet fra <http://www.fao.org/about/la/>
- FAO. (2019 H). *Partnerships*. Hentet fra <http://www.fao.org/partnerships/la/>
- FAO. (2019 I). *Academia and research institutions*. Hentet fra <http://www.fao.org/partnerships/academia/en/>
- FAO. (2019 J). *Global Soil Partnership, Our Current Partners*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/partners/gsp-partners/en/>
- FAO. (2019 K). *Global Soil Partnership, Partners*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/partners/en/>

- FAO. (2019 L). *Academia and research institutions, Our Approach*. Hentet fra <http://www.fao.org/partnerships/academia/our-approach/en/>
- FAO. (2019 M). *GSP, Plenary Assembly*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/about/plenary-assembly/en/>
- FAO. (2019 N). *Intergovernmental Technical Panel on Soils*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/intergovernmental-technical-panel-soils/en/>
- FAO. (2019 O). *International Network on Soil Information Institutions*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/pillars-action/4-information-data/insii/en/>
- FAO. (2019 P). *Pillar four working group*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/pillars-action/4-information-data/p4wg/en/>
- FAO. (2019 Q). *Working group to produce a technical manual on Soil Organic Carbon management at the national and local scale*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/intergovernmental-technical-panel-soils/gsoc17-implementation/opencallsoc/en/>
- FAO. (2019 R). *Global Symposium on Soil Organic Carbon*. Hentet fra <http://www.fao.org/about/meetings/soil-organic-carbon-symposium/about/en/>
- FAO. (2019 S). *Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/472458/>
- FAO. (2019 T). *SoilSTAT*. Hentet fra <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/soilstat/en/>
- FAO. (2019 U). *Regional Soil Partnerships*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/regional-partnerships/en/>
- FAO. (2019 V). *European Soil Partnership*. Hentet fra <http://www.fao.org/global-soil-partnership/regional-partnerships/europe/en/>; <http://www.fao.org/europe/en/>
- FAO. (u.å.). *Implementation plan for pillar one, two, three, four and five of the Global Soil Partnership*. Hentet fra <http://www.fao.org/3/CA2217EN/ca2217en.pdf>, <http://www.fao.org/3/a-bq927e.pdf>, <http://www.fao.org/3/CA2218EN/ca2218en.pdf>, <http://www.fao.org/3/a-bl102e.pdf>, <http://www.fao.org/3/a-bs756e.pdf>
- Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V., & Regina, K. (2009). Declining Trend of Carbon in Finnish Cropland Soils in 1974 - 2009. *Global Change Biology*, 5(19), ss. 1456 - 1469.
- Hengl, T. e. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS one* 12.2.
- IPCC. (2019). *International panel on climate change*. Hentet fra <https://www.ipcc.ch/>
- Jones, R. J. (2004). *OCTOP, European Soil Bureau Research Report No. 15, EUR 21209, 40 pp*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Mansuy, N. e. (2014). Digital mapping of soil properties in Canadian managed forests at 250 m of resolution using the k-nearest neighbor method." . *Geoderma*, ss. 59 - 73.
- Miljødirektoratet; Statistisk sentralbyrå; NIBIO. (2018). *Greenhouse Gas Emissions 1990-2016, National Inventory Report*. Miljødirektoratet.
- Moen, A. (1998). *Nasjonalatlas for Norge. Vegetasjon*. Hønefoss: Statens kartverk.
- Mäkipää, R., & Heikkinen, J. (2003). Large-scale changes in abundance of terricolous bryophytes and macrolichens in Finland. *Journal of Vegetation Science*, 14, ss. 497 - 508.

- Nemes, A., Rawls, W. J., & Pachepsky, Y. A. (2006). Use of the nonparametric nearest neighbor approach to estimate soil hydraulic properties. *Soil Science Society of America Journal*, 70(2), ss. 227 -236.
- Regjeringen. (2016). *Norges oppfølging av FNs bærekraftsmål*. Hentet fra https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/rapport_bkm/id2505390/
- Regjeringen. (2018). *LULUCF forordningen*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2016/okt/lulucf-forordningen/id2525483/>
- Riley, H. (1996). Estimation of physical properties of cultivated soils in southeast Norway from readily available soil information. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*(Suppl. 25).
- Stolte, J., Tesfal, T., Øygarden, L., Kværnø, S., Keizer, J., Verheijen, F., . . . Hessel, R. (2016). *Soil threats in Europe, kapittel 4 og 5*. EUR 27607 EN.
- Toth, G., Jones, A., & Montanarella, L. (2013). The LUCAS topsoil database and derived information on the regional variability of cropland topsoil properties in the European Union. *Environmental Monitoring and Assessment*, 9(185), ss. 7409 - 7425.
- United Nations. (2019). *About the secretariat*. Hentet fra <https://unfccc.int/about-us/about-the-secretariat>
- United Nations. (2019). *Land use, land use change and forestry*. Hentet fra <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/land-use--land-use-change-and-forestry-lulucf>
- Vaysse, K., & Lagacherie, P. (2017). Using quantile regression forest to estimate uncertainty of digital soil mapping products. *Geoderma*(291), ss. 55 - 64.
- Watts, C. W., & Dexter, A. R. (1998). Soil friability: theory, measurement and the effects of management and organic carbon content. *European Journal of Soil Science* , 49(1), ss. 73-84.

Etterord

Rapporten viser resultatene av forprosjektet om utvikling av kart over organisk karbon i jord i Norge. Det må gjøres oppmerksom på at det i forprosjektet har vært nødvendig å tilpasse omfanget på leveransen til budsjettet. Disse tilpasningene er beskrevet under.

- Norge, Sverige, Danmark og Finland er valgt ut som eksempler for hvordan kartet Global Soil Organic Carbon Map er utarbeidet. Innenfor rammen av dette forprosjektet har det ikke vært mulig å gjennomføre en inngående studie, men prosjektgruppen har fått tilsendt relevant informasjon fra de respektive landene og forsøkt å gjøre modelleringen forståelig.
- NIBIO er et mangfoldig institutt, med mange prosjekter til enhver tid, og det er vanskelig å få oversikt over alt innenfor rammen av forprosjektet. De prosjektene som er nevnt i kapittel 2.5.2 er således ikke uttømmende, men anses å være (de mest) relevante i denne sammenheng. Det er ikke gjort en grundig vurdering av hvordan resultater fra disse eventuelt kan benyttes i utarbeidelsen av et nytt GSOCmap for Norge.
- Eventuelt samarbeid med GSP om temaet «karbon i jord» er et stort tema. Innenfor rammen av dette forprosjektet er det ikke gjort en fullstendig analyse av alt som angår «karbon i jord» og hvordan samarbeid eventuelt kan styrkes, men noen elementer er nærmere beskrevet.
- Mulige alternativer for et nytt Global Soil Organic Carbon Map Norge er skissert, men alle aspekter ved mulige modeller er ikke fullstendig gjennomarbeidet. Det understrekes derfor at oppsatte budsjetter og fremdriftsplaner derfor må anses som grove estimater, inklusiv kostnadsoverslaget for datainnsamling.

Nøkkelord:	Jordsmonn, organisk karbon i jord, FAO, Global Soil Organic Carbon Map
Key words:	Soil, soil organic carbon, FAO, Global Soil Organic Carbon Map
Andre aktuelle publikasjoner fra prosjekt:	

Vedlegg

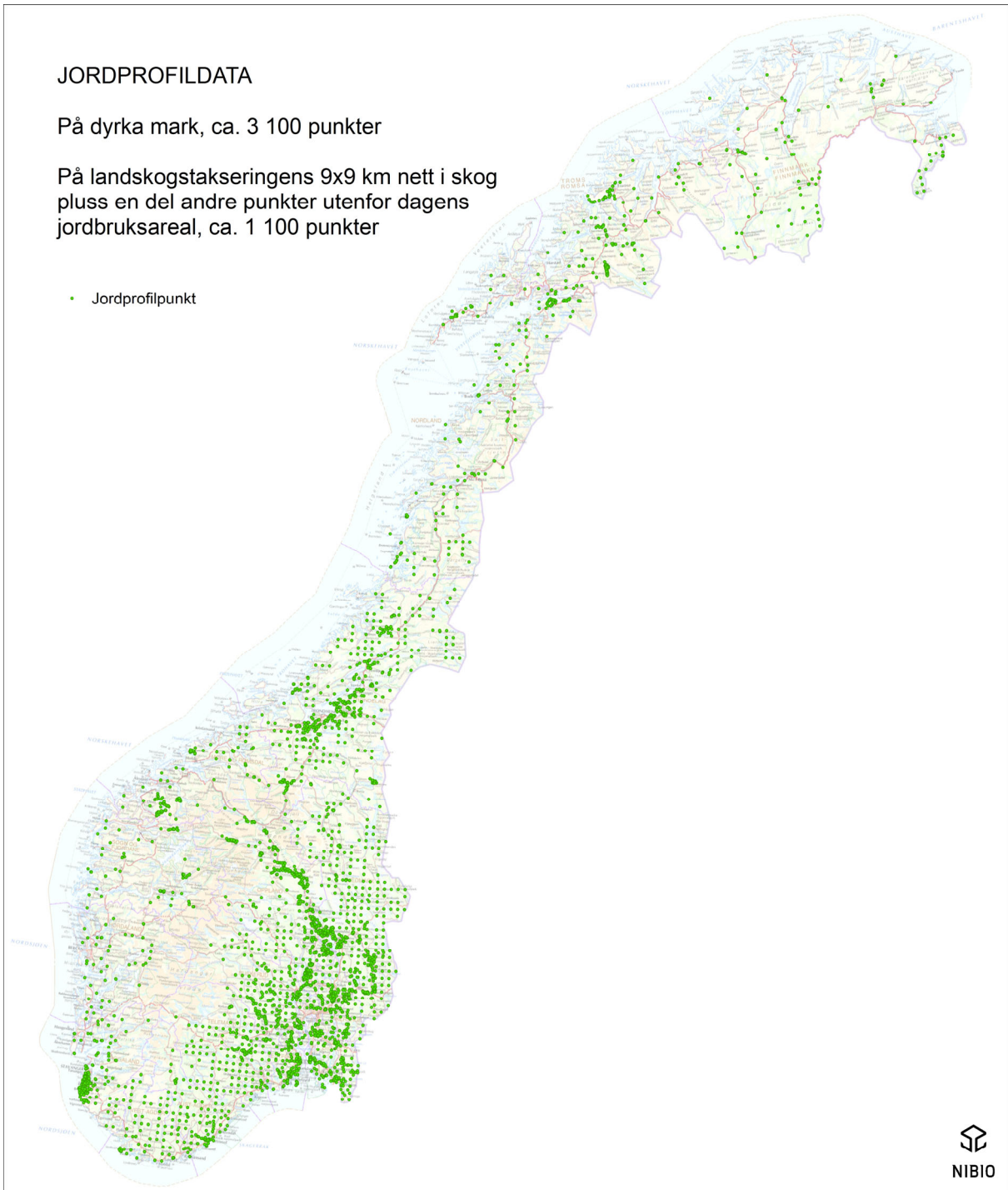
Vedlegg 1: Lokalisering av jordprofildata

JORDPROFILDATA

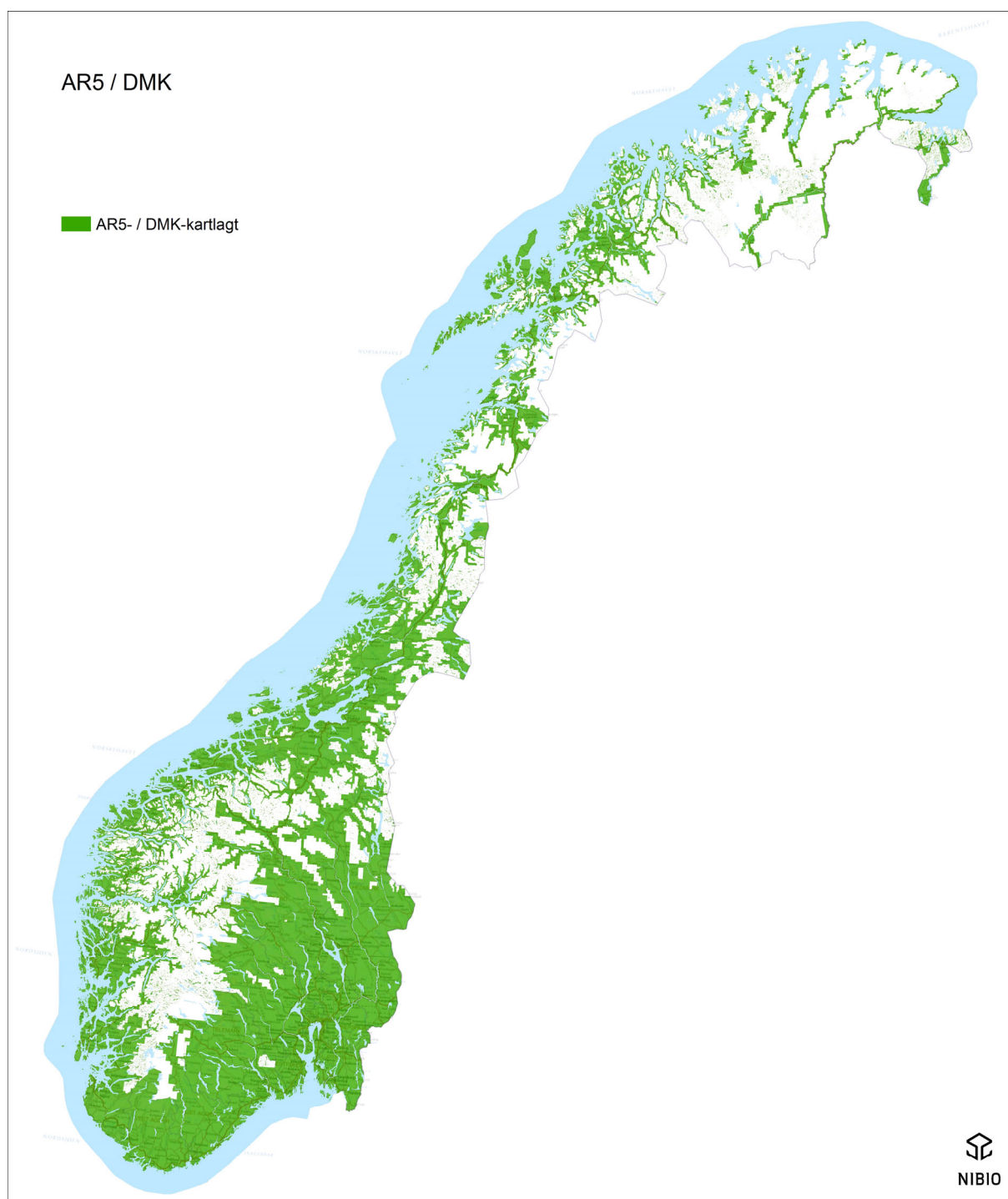
På dyrka mark, ca. 3 100 punkter

På landskogstakseringens 9x9 km nett i skog
pluss en del andre punkter utenfor dagens
jordbruksareal, ca. 1 100 punkter

• Jordprofilpunkt



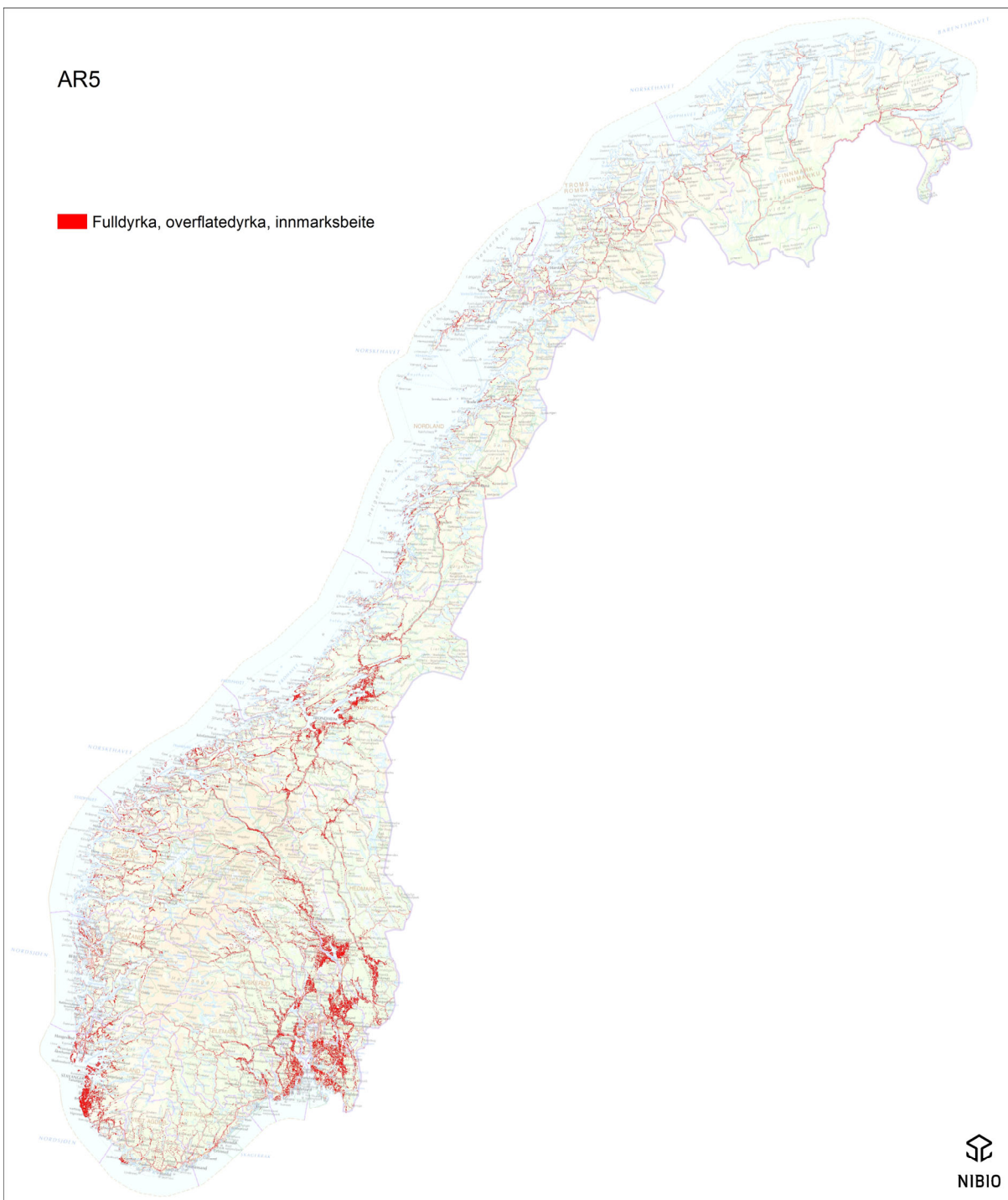
Vedlegg 2: Geografisk dekning av AR5/DMK



Vedlegg 3: Jordbruksareal fra AR5

AR5

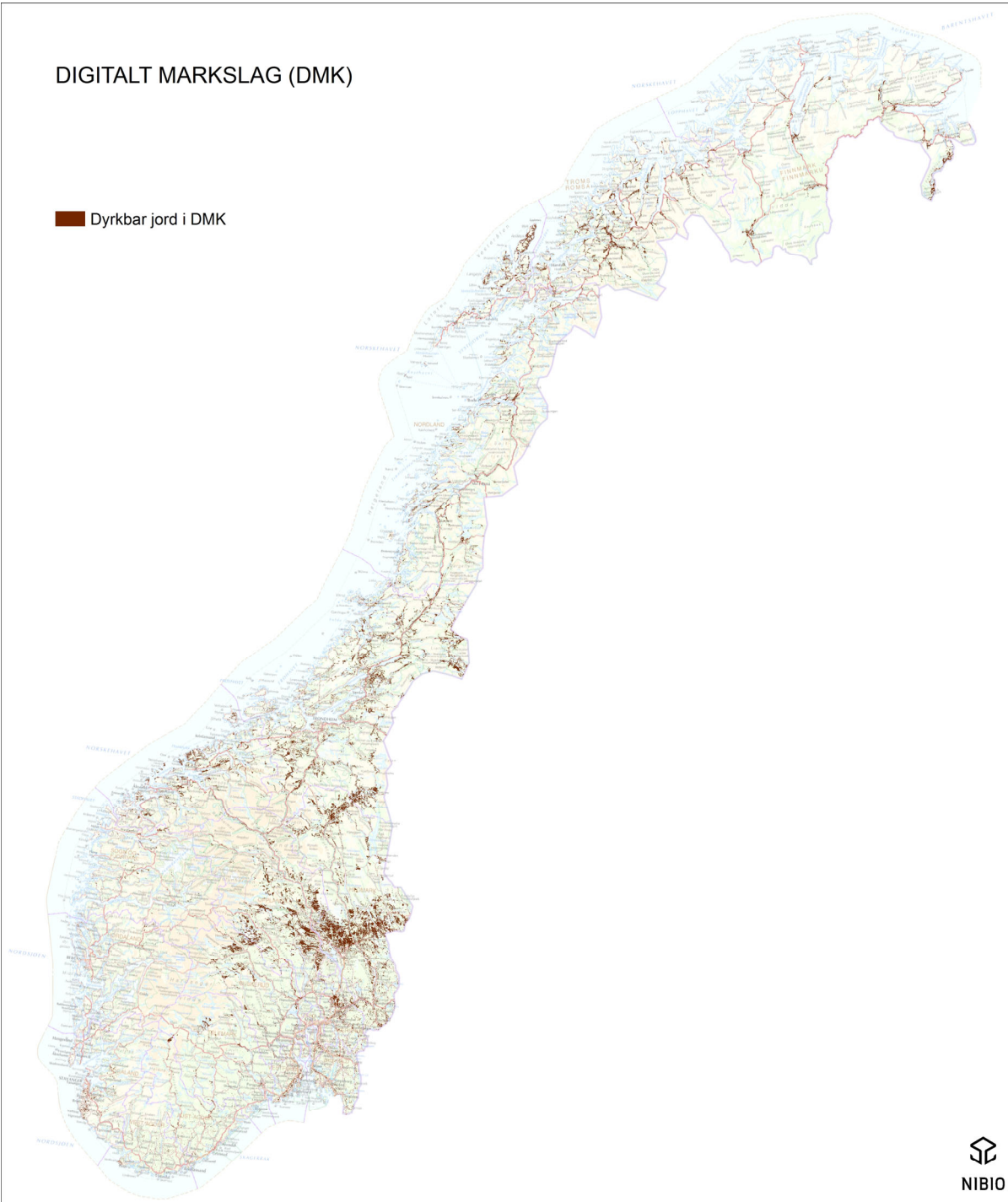
 Fulldyrka, overflatedyrka, innmarksbeite



Vedlegg 4: Dyrkbar jord fra DMK

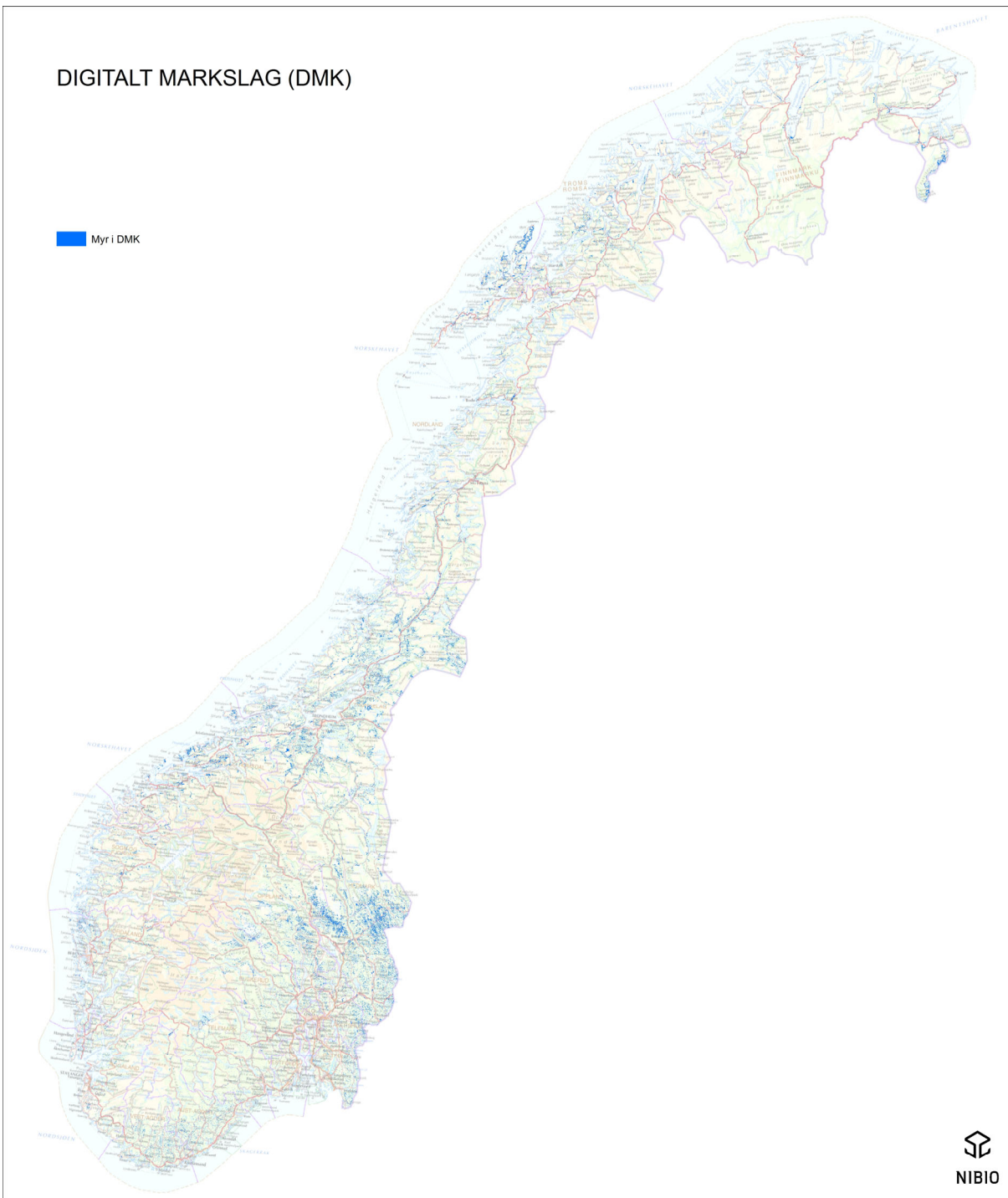
DIGITALT MARKSLAG (DMK)

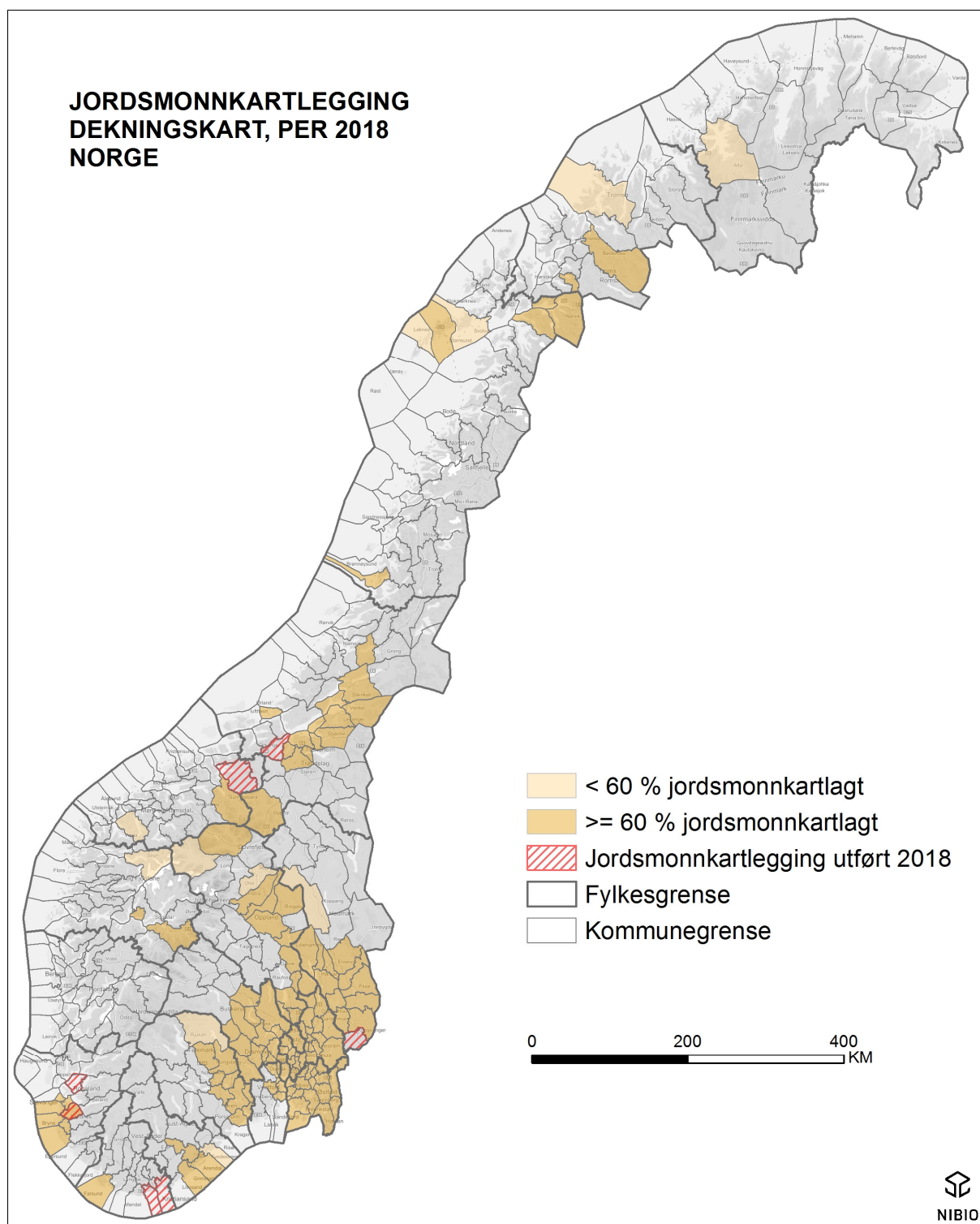
■ Dyrkbar jord i DMK



DIGITALT MARKSLAG (DMK)

Myr i DMK






Vedlegg 7: Jordsmonnkartlagte utvalgsflater

JORDSMONNDATA - UTVALGSKARTLEGGING

Jordsmonn er kartlagt på 0,9 km² store utvalgsflater i et predefinert 9x9 km rutenett


 Jordsmonnkartlagt flate



Vedlegg 8: Dekning av vegetasjonskart

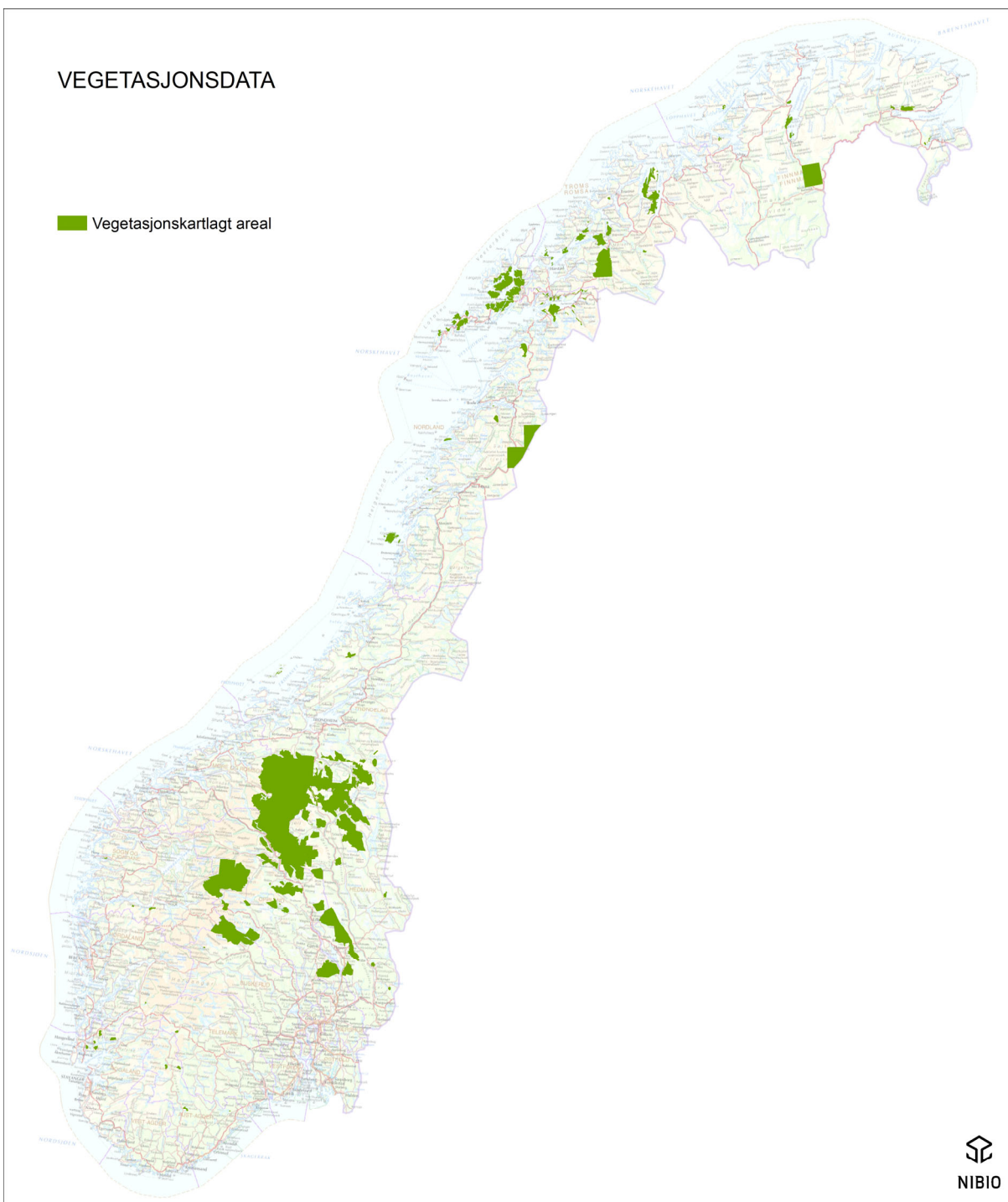
AREALREGNSKAP UTMARK (AR18x18)

Vegetasjonstyper er kartlagt på 0,9 km² store utvalgsflater i et predefinert 18x18 km rutenett

 Vegetasjonskartlagt flate



■ Vegetasjonskartlagt areal



Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.



Forsidefoto: Geir-Harald Strand / NIBIO Fra Graslandet, Elverum kommune
Baksidefoto: Siri Svendgård-Stokke / NIBIO Organisk jord i jordbor